N° d'Enregistrement au C.N.R.S.
AO 1296

THÈSES

présentées

à la FACULTÉ DES SCIENCES DE L'UNIVERSITÉ DE PARIS

pour obtenir le grade de Docteur ès Sciences Naturelles

par

Pierre CHAUVE

Première thèse

ÉTUDE GÉOLOGIQUE DU NORD DE LA PROVINCE DE CADIX (Espagne Méridionale)

Deuxième thèse

PROPOSITIONS DONNÉES PAR LA FACULTÉ

soutenues le 9 Mars 1967 devant la Commission d'Examen

MM.	L. GLANGEAUD	Président
	H. TERMIER	Examinateur
	M. DURAND DELGA	Rapporteur
	J. AUBOUIN	Examinateur
	J. M. FONTBOTE	Invité

N° d'Enregistrement au C.N.R.S.
AO 1296

THÈSES

présentées

à la FACULTÉ DES SCIENCES DE L'UNIVERSITÉ DE PARIS

pour obtenir le grade de Docteur ès Sciences Naturelles

par

Pierre CHAUVE

Première thèse

ÉTUDE GÉOLOGIQUE DU NORD DE LA PROVINCE DE CADIX (Espagne Méridionale)

Deuxième thèse

PROPOSITIONS DONNÉES PAR LA FACULTÉ

soutenues le 9 Mars 1967 devant la Commission d'Examen

MM.	L. GLANGEAUD	Président
	H. TERMIER	Examinateur
	M. DURAND DELGA	Rapporteur
	J. AUBOUIN	Examinateur
	J. M. FONTBOTE	Invité

UNIV.
LEIDEN
BIBL.

Depósito legal: M. 11.080.—1968

Tip.-Lit. COULLAUT - Mantuano, 49 - Madrid-2

A ma femme,
A mes parents,
A mes amis espagnols.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41543920_0002

ÉTUDE GÉOLOGIQUE DU NORD DE LA PROVINCE DE CADIX

(Espagne Méridionale)

PAR

PIERRE CHAUVE

Publié dans

"Memorias del Instituto Geológico y Minero de España"

(T. LXIX)

Decíamos ayer...
decimos hoy...

(Fray Luis de León)

AVANT PROPOS

Les Cordillères bétiques ont fait depuis de nombreuses années, l'objet d'études géologiques et ont souvent retenu l'attention des géologues français, qui ont toujours travaillé en étroite collaboration avec leurs collègues espagnols.

Déjà au milieu siècle dernier, de Verneuil avait pourcouru cettre région, ce fut pour lui l'occasion de nouer une solide amitié avec Casiano del Prado. Plus tard, une mission officielle française (la mission d'Andalousie) fut envoyée par l'Académie des Sciences pour étudier les causes et les effets du tremblement de terre de Grenade (1884). Cette mission dirigée par F. Fouqué, comprenait de grands géologues tels que : M. Bertrand, Ch. Barrois, W. Kilian... Ils nous ont laissé des mémoires du plus haut intérêt. Dans le premier quart du siècle d'autres noms de la Géologie française s'y sont illustrés, citons L. Gentil, R. Nicklès, H. Douvillé. Il faut ajouter aussi M. Blumenthal, ce grand géologue suisse qui présenta si souvent ses résultats dans le Bulletin de la Société Géologique de France.

Toutefois, c'est à Paul Fallot que l'on doit l'intérêt porté par les géologues français à cette chaîne. Tout au long de sa vie, il est venu constamment travailler dans le centre et l'Est des Cordillères bétiques. Il fut l'auteur de très nombreux travaux et en particulier de la synthèse de 1948, qui a fixé l'état des connaissances sur cette chaîne et qui reste toujours un ouvrage de

référence. Mais surtout, il a permis l'implantation d'une équipe de jeunes géologues français, dont je m'honore d'avoir été parmi les premiers.

En effet, de nombreux problèmes restaient à résoudre. Si certaines régions étaient bien connues, de grandes surfaces étaient encore vierges ou n'avaient pas été étudiées depuis longtemps, c'était le cas de l'extrémité occidentale des Cordillères bétiques. A ce pays assez plat, aux collines arrondies dont les couches tendres pouvaient être cultivées, les géologues avaient préféré les escarpements montagneux qui s'étendent à partir de Ronda vers l'Est.

La région qui fait l'objet de cette étude, est précisément située à l'extrémité occidentale des Cordillères bétiques, dans le Nord de la province de Cadix. Elle est bordée par l'Atlantique à l'Ouest et s'élève peu à peu en direction des reliefs du flysch gaditan au Sud-Est et de ceux de la région de Ronda à l'Est.

A l'exception d'une carte de J. GAVALA (1924), cette zone avait été peu étudiée. On savait qu'elle se trouvait dans le prolongement de la zone subbétique et l'on pensait que le flysch tertiaire du Campo de Gibraltar la recouvrait en transgression.

Dès mon premier contact avec le terrain, j'ai pu constater la complexité structurale, aggravée par le fait que la majeure partie des couches qui y affleurent étaient de nature argileuse ou marneuse, et ne renfermaient pas de macrofossiles.

Aussi, c'est avec l'esprit du géologue structural que j'abordais cette étude. Mon premier souci fut d'établir une cartographie détaillée, appuyée sur les photographies aériennes. Dans un premier temps, j'ai essayé de suivre les contacts tectoniques en me servant comme fil conducteur du Trias marno-gypsifère, lorsqu'il était présent. Ensuite seulement, j'ai pu débrouiller la stratigraphie en faisant appel constamment à la Micropaléontologie. Enfin, j'ai étendu latéralement mes investigations vers le Sud et vers l'Est pour m'assurer de la validité de mes résultats.

Ainsi ont pu être mises en évidence des unités stratigraphiques et tectoniques dont j'ai étudié le mécanisme de mise en place et dont j'ai daté les différentes phases. J'ai pu montrer aussi qu'il existait des relais paléogéographiques dans les zones externes : le Subbétique (*s. l.*) se perd dans le Campo de Gibraltar, l'unité del Algarrobo ne semble pas dépasser la région de Grazalema. Vers l'Est, j'ai pu relier cette région avec l'ensemble des Cordillères bétiques ; par contre le passage vers le Sud est plus problématique et les données de terrain ne permettent pas d'apporter des arguments définitifs

dans le problème des flyschs ni dans celui des causes profondes qui ont donné les structures analysées ici.

Si j'ai pu mener à bien cette étude, fruit de plus de huit d'années d'efforts, je le dois à la formation que j'ai reçue de M. le Doyen L. GLANGEAUD. L'enthousiasme de son enseignement fut pour moi le point de départ d'une vocation de géologue et d'enseignant qu'il favorisa en m'intégrant dans son équipe bisontine, alors confrontée avec les nappes d'Afrique du Nord. C'est ainsi qu'il me prit comme Assistant et me confia un sujet de thèse dans le Nord de la province d'Alger, malheureusement interrompue par les évènements d'Algérie. Après mon service militaire, M. GLANGEAUD m'appela à la Sorbonne comme Chef de travaux, puis comme Maître-Assistant et me confia à MM. P. FALLOT et M. DURAND DELGA, dans la jeune équipe bétique. L'intérêt qu'il me porta n'a jamais failli et c'est toujours avec une grande bienveillance qu'il suivit et critiqua mes travaux, me faisant profiter de sa grande connaissance des domaines méditerranéens. Je sais gré à mon Maître d'avoir bien voulu marquer l'attachement qu'il me porte en présidant mon Jury de thèse.

Monsieur le Professeur DURAND DELGA a été pour moi un maître compréhensif et bienveillant, qui m'a toujours accordé une assistance aussi amicale qu'efficace. Sa connaissance des Cordillères bétiques et des chaînes d'Afrique du Nord m'a été d'un précieux secours, tant sur le terrain qu'au Laboratoire, où, avec sa patience et sa cordialité coutumières, il a bien voulu m'aider dans la détermination des microorganismes du Jurassique et du Crétacé. Il a accepté aussi la tâche ingrate de lecteur et de correcteur. Sa franche collaboration, ses conseils inlassablement prodigués et son exemple ont été pour moi un incomparable stimulant. Ce m'est une agréable dette de reconnaissance, que de lui manifester publiquement mon profond attachement.

Monsieur le Professeur H. TERMIER fut pour moi plus qu'un Directeur de Laboratoire attentif. Il a toujours suivi avec intérêt l'avancement de mes travaux. Il n'a pas hésité à distraire de son temps précieux, quelques journées pour venir avec moi sur le terrain, afin de se rendre compte des problèmes que je devais résoudre, et me prodiguer sur place ses conseils. Qu'il trouve ici l'expression de ma profonde reconnaissance.

Monsieur le Professeur J. AUBOUIN avec qui j'ai eu le plaisir de travailler si longtemps au Laboratoire de Géologie Générale, anime un groupe de chercheurs intéressés aux structures de la Méditerranée orientale : c'est dire que les problèmes sont souvent communs. Sa culture et l'étendue de ses connaissances ont permis d'amicales discussions qui furent toujours fructueu-

ses. Je lui suis très reconnaissant d'avoir accepté de participer au Jury de cette thèse.

Au Laboratoire de Géologie de l'Université de Grenade, j'ai toujours trouvé auprès de Monsieur le Professeur J. M. FONTBOTÉ et de ses collaborateurs un accueil très chaleureux. La visite qu'il me rendit sur le terrain et les échanges de vue que j'ai pu avoir avec lui m'ont été particulièrement profitables. Je suis infiniment sensible aux marques d'intérêt et d'amitié qu'il me témoigne en venant à Paris participer aux délibérations du Jury.

Je ne saurais oublier Monsieur le Professeur M. DREYFUSS qui guida mes premiers pas sur le terrain lorsque je commençais mon Diplôme d'Etudes Supérieures dans la région de Pontarlier. Comme Assistant et Chef de travaux à Besançon, j'ai toujours trouvé auprès de lui un conseiller attentif et amical. Depuis, son laboratoire m'est toujours resté ouvert et une fructueuse collaboration s'est instaurée avec lui sur les problèmes jurassiens.

Je remercie Messieurs les Professeurs N. THEOBALD et J. THIEBAUT, qui m'ont toujours réservé un accueil cordial et ont toujours porté de l'intérêt à l'avancement de mes travaux.

D'amicales discussions avec Messieurs les Professeurs A. CAIRE et M. MATTAUER, m'ont fait profiter de leur haute expérience et de leur compétence sur les problèmes de la Méditerranée occidentale.

Monsieur le Professeur G. MILLOT a bien voulu confier à Monsieur le Professeur J. LUCAS et à Mademoiselle H. PAQUET des échantillons d'argiles de ma région d'étude. Je leur en suis très reconnaissant.

L'étude des microfaunes variées n'aurait pu être menée à bien si je n'avais pu profiter également de la compétence de spécialistes.

Une longue et fructueuse collaboration m'unit à Monsieur J. MAGNÉ : son amitié et sa compétence furent pour moi une aide dont je mesure pleinement la valeur. Inlassablement il étudia plus d'un millier d'échantillons, ce qui permit d'étayer solidement mes interprétations tectoniques. Aussi est-ce avec une attention toute spéciale que je lui adresse aujourd'hui le témoignage de ma plus vive reconnaissance.

Monsieur J. SIGAL a bien voulu examiner les lames minces du Crétacé supérieur, Madame NEUMANN celles à grands Foraminifères du Tertiaire, Monsieur C. LORENZ les lames taillées dans les termes de passage de l'Oligocène au Miocène. Monsieur GREKOFF détermina les Ostracodes et Mademoiselle MAUVIER les Conodontes du Trias.

J'ai trouvé auprès de Madame G. TERMIER une aide efficace dans la détermination des faunes du Trias. Monsieur le Professeur H. TINTANT m'a toujours réservé l'accueil le plus chaleureux lorsque je lui ai soumis mes

Ammonites du Jurassique supérieur. Monsieur l'Abbé R. MOUTERDE a bien voulu déterminer mes Ammonites du Lias et Madame J. GEYSSANT les Pygopes du Tithonique.

Monsieur R. DUBOIS a accepté d'examiner les lames minces de roches éruptives.

Que tous ceux, dont je viens de rappeler les noms et qui m'ont apporté l'aide la plus efficace, veuillent bien trouver ici l'expression de ma reconnaissance.

Ce travail n'aurait pu être mené à bien sans l'accord de la "Comision Nacional de Geología" de Madrid et sans les facilités que m'ont accordées Monsieur le Professeur A. ALMELA, ancien Directeur de l'Instituto, et Monsieur le Chef des publications LÓPEZ DE AZCONA. Je remercie tout particulièrement Monsieur le Directeur Général ARANGUREN, qui a accepté de publier ce mémoire dans le Boletín del Instituto Geológico y Minero de España.

Au point de vue matériel, j'ai été grandement aidé par les subventions pour frais de mission et pour l'impression de ma Carte du Nord de la province de Cadix, qu'a bien voulu m'accorder Monsieur le Directeur Géneral du Centre National de la Recherche Scientifique, sur la proposition de Messieurs les Membres de la Commision de Géologie.

Participant aux travaux du bureau de la Société géologique de France, les contacts que j'ai eus avec les Présidents P. ROUTHIER, P. PRUVOST, R. BARBIER, M. ROUBAULT et J. MARCAIS, furent pour moi riches en enseignements. Je ne saurais oublier l'efficace apprentissage que m'a prodigué Madame ODIER. J'y forgeai aussi de solides amitiés en particulier avec D. FANTINET et P. FEUILLÉE qui furent toujours pour moi d'une précieuse assistance.

Aussi bien à Besançon d'abord, qu'à Paris ensuite, j'ai toujours trouvé un appui et une aide efficace auprès de mes amis S. GUILLAUME, M. GRAVELLE et Cl. GRANDJACQUET.

Sur le terrain, d'utiles tournées communes avec mes compagnons d'équipe : J. DIDON et Y. PEYRE, ainsi qu'avec mes amis allemands : P. HOPPE et ST. DÜRR, ont permis de confronter nos points de vue. Ces confrontations furent toujours pleines d'enseignement. Je mesure aussi à sa juste valeur la chance que j'ai eue d'être intégré dans l'équipe bétique et d'avoir pu échanger constamment des idées avec les nombreux amis que je m'y suis fait. Qu'ils me pardonnent de ne pouvoir les citer tous.

La réalisation matérielle de ce mémoire a pu être menée à bien grâce aux nombreuses aides que j'ai reçues : Madame KORNPROBST a frappé une gran-

de partie des stencyls. Madame WOEHL, outre la frappe de nombreux chapitres, n'a mesuré ni son temps ni sa peine dans l'aide quotidienne qu'elle m'a apportée : je lui en suis particulièrement reconnaissant. Monsieur VUILLECOT mit au point et dessina la quasi-totalité des figures ainsi que la carte géologique. Monsieur MARIOT ne se ménagea pas pour les retouches et la mise en page de l'illustration. Les photographies sont dues à la maîtrise habituelle de Monsieur LERICHE. Le dévouement de Madame CHARPENTIER fut pour beaucoup dans la réalisation de ce volume.

Je sais gré à tous ceux qui, au Laboratoire de Géologie Générale de la Sorbonne, par leur dévouement et leur gentillesse, ont grandement favorisé ce travail.

Enfin, c'est une joie pour moi, que d'évoquer les nombreux liens d'amitié noués en Andalousie et la chaude hospitalité que j'ai reçue dans toutes les villes ou villages où j'ai séjourné et en particulier à Alcalá de los Gazules. Une affection toute spéciale m'unit à mes amis Monsieur et Madame Francisco SERRANO.

Je ne voudrais pas oublier non plus tous les êtres qui me sont chers. L'attachement et la vigilante attention dont ils m'ont entouré, ont été pour moi le plus précieux des appuis.

AVERTISSEMENT

Figures :

Sauf indications contraires, l'échelle des hauteurs est la même que celle des longueurs.

Le Nord est toujours placé en haut des figures.

Coordonnées :

Les points de coordonnées cités dans le texte, sont ceux portés sur la carte au 1 : 50.000 (édition militaire) du Servicio Geográfico del Ejército. L'amorce du carroyage Lambert a été reporté sur le cadre et sur la carte du Nord de la province de Cadix.

Listes de faunes :

Dans chaque gisement la liste des faunes a été généralement donnée sans nom d'auteurs à la suite des noms d'espèces. A la fin de chaque chapitre, les listes de faunes ont été reprises, classées par famille et les noms d'espèces citées avec leur auteur.

La classification adoptée pour les familles de Foraminifères es celle de J. A. CUSHMAN (1959).

INDEX

Première partie.—Généralités et Stratigraphie

PAGES

Chapitre I.—Généralités ... 31
I. Le cadre géographique ... 31
A. Caractères généraux ... 31
B. Le relief ... 31
C. Hydrographie ... 35
D. Climatologie ... 36
E. Végétation ... 37
F. Les ressources minérales ... 38
G. Les voies d'accès ... 39
H. Cartes utilisées ... 39
II. Historique des travaux relatifs a la zone cartographiée ... 41
A. Les travaux antérieurs ... 41
1. Les premières études ... 41
2. Les premières synthèses ... 45
B. Les travaux actuels ... 47
C. Cartographie et extension des levers ... 50
Chapitre II.—Introduction stratigraphique et structurale ... 53
A. Caractères généraux ... 53
B. Le domaine externe ... 54
1. Le Subbétique sensu stricto ... 54
2. Le Pénibétique ... 54
3. L'unité del Algarrobo ... 54
4. Les moronites ... 56
C. Le domaine des flyschs ... 56
1. La nappe de l'Aljibe ... 56
2. L'unité de Paterna ... 56
D. Conclusions ... 58

PAGES

Chapitre III.—Le Trias... 59
I. Généralités 59
II. Les différents faciès du Trias... 61
1. Le Gypse 61
2. Le sel gemme... 61
3. Les grès... 62
4. Les argiles... 62
5. Les sédiments carbonatés... 62
6. Les minéraux et les minerais 63
III. Les roches éruptives du Trias... 63
A. Les roches éruptives basiques 64
1.° Description 64
2.° Conclusion 68
3.° Origine et âge des ophites 69
B. Les roches éruptives acides 70
1.° Description 70
2.° Origine 71
IV. Quelques coupes du Trias 71
1.° Coupe du Cortijo de Berroquejo 71
2.° Coupe du Saltillo... 75
3.° Coupe du croisement de la route d'Alcalá au Puerto de Galiz avec le chemin de Las Cabras 75
4.° Coupe de Puerto de Boyar 76
V. Les faunes 81
a) Medina Sidonia... 81
b) Algar... 82
c) Villamartín... 82
d) Croisement de la route d'Alcalá au Puerto de Galiz et du chemin de Las Cabras... 83
e) Puerto de Boyar 83
f) Conclusion... 85
VI. Conclusions stratigraphiques 85
Chapitre IV.—Le Jurassique subbétique 89
I. Introduction... 89
II. Les affleurements 91
A. Coupe de Las Cabras... 91
1. Description... 92
2. Conclusion... 104
B. Coupes à travers la Sierra del Valle 105
1. Coupe du flanc occidental 105

PAGES

2. Coupe du flanc oriental de la Sierra del Valle 109
C. Coupe de la Angostura 110
D. Coupe du Cerro de la Castilleja 112
E. Autres affleurements de Jurassique... 113
1. Sierra de Dose Hermanas 113
2. Sierra de Areyonosa... 114
3. Peña de Ahmed... 115
4. La Peña Arpada... 116
5. Le Jurassique de La Graja... 116
6. Le Berrueco (de Cadix)... 116
III. Les macrofaunes du Jurassique 119
IV. Comparaison avec les régions voisines 121
V. Conclusion... 122
Chapitre V.—Le Crétacé inférieur subbétique (du Berriasien à l'Albien inclusivement) 123
I. Historique 123
II. Le Néocomien et le Barrémien 125
A. Chaînon de Las Cabras 125
1. Boca de la Foz 125
2. Partie méridionale de la Sierra de las Cabras... 128
3. Flanc oriental de la Sierra de las Cabras 129
4. Coupe de la Sierra de la Sal 130
B. Sierra del Valle 132
1. Flanc occidental 132
2. Flanc oriental... 132
C. La Angostura 133
D. Autres affleurements de Néocomien 133
1. Sierra de Dos Hermanas 133
2. Cerro de La Castilleja 134
3. Sierra de Areyonosa... 134
4. Sierra Arpada... 134
5. Sierra de Gibalbín 135
III. L'Aptien... 135
IV. L'Albien... 136
1. L'Albien de Las Cabras 136
2. L'Albien de la Sierra de Gibalbín 137
V. Conclusion... 137
VI. Liste des faunes du Crétacé inférieur 138
A. Macrofaunes 138
B. Microfaunes 140

PAGES

Chapitre VI.—Le Crétacé supérieur subbétique (du Cénomanien au Danien inclusivement) ... 143
I. Historique ... 143
II. Généralités ... 143
III. Le Cénomanien ... 144
1. Flanc méridional de Las Cabras ... 144
2. Autres affleurements ... 144
IV. Le Turonien ... 146
V. Le Sénonien ... 147
1. Le Coniacien ... 147
2. Le Santonien ... 148
3. Le Campanien ... 149
4. Le Maestrichtien ... 151
VI. Le Danien ... 153
VII. Le Crétacé supérieur de la Sierra de Gibalbín ... 155
VIII. Conclusion ... 156
IX. Liste des microfaunes du Crétacé supérieur subbétique ... 158
A) Microfaunes du Cénomanien et du Turonien ... 158
B) Microfaunes du Sénonien et du Danien ... 159
Chapitre VII.—Le Tertiaire subbétique ... 161
I. Historique ... 161
II. Le Paléocène ... 162
1. Loma de Poyales ... 162
2. Nord du Río Barbate ... 164
3. Autres affleurements ... 164
III. L'Eocène ... 166
A. L'Eocène inférieur ... 166
1. Loma de Poyales ... 166
2. Nord du Río Barbate ... 169
3. Autres affleurements ... 170
B. L'Eocène moyen ... 170
1. Loma de Poyales ... 170
2. Est de Las Cabras ... 171
3. Ouest de la Sierra de Dos Hermanas ... 171
4. Feuille d'Algar ... 172
5. Feuille de Medina Sidonia ... 172
C. L'Eocène supérieur ... 172
IV. L'Oligocène ... 173
1. Loma Carriles ... 174
2. Nord du Río Barbate ... 174

PAGES

3. Garganta de las Viñas ... 175
4. Autres affleurements de la feuille d'Algar ... 175
5. Feuille de Paterna de Rivera... ... 176
6. Conclusion... ... 177
V. Le Miocène inférieur... ... 177
1. Au Sud-Est de Torrecera... ... 177
2. Cortijo de los Isletes Altos ... 178
VI. Le Tertiaire de la Sierra de Gibalbín ... 178
VII. Conclusion... ... 179
VIII. Liste des microfaunes du Tertiaire subbétique ... 180
A) Microfaunes de l'Eocène... ... 180
B) Microfaunes de l'Oligocène et du Miocène inférieur... ... 183
Chapitre VIII.—L'Unité del Algarrobo ... 185
I. Généralités... ... 185
II. Le matériel stratigraphique ... 185
a) Coupe du Puerto del Algarrobo... ... 187
b) Coupe du Cerro del Piojo ... 190
III. Extension des affleurements ... 191
a) Feuille de Vejer de la Frontera... ... 192
b) Feuille de Medina Sidonia ... 192
c) Feuille d'Algar... ... 192
d) Feuilles de Cortes et d'Ubrique ... 193
e) Feuille d'Olvera ... 194
IV. Conclusion ... 194
Chapitre IX.—Les moronites ... 197
I. Historique ... 197
II. Description... ... 197
III. Les affleurements ... 199
1. Feuille de Paterna de Rivera... ... 199
2. Feuille de Jerez ... 200
IV. Remarques sur la sédimentation des "moronites" ... 203
V. Conclusion... ... 204
Chapitre X.—Stratigraphie de la nappe de l'Aljibe... ... 205
I. Introduction 205
II. Historique ... 205
III. Description des affleurements ... 207
A. La série de base de l'Aljibe... ... 207
1. Description lithologique... ... 207
2. Les microfaunes 208
3. Les calcaires à débris de Microcodium ... 212

PAGES

4. L'Eocène de Benaïza ... 214
B. Les grès de l'Aljibe ... 215
C. Le Miocène du Cerro de Pájaros ... 216
IV. Conclusion ... 220
Capitre XI.—L'Unité de Paterna ... 221
I. Généralités ... 221
II. Stratigraphie du l'Unité de Paterna ... 221
1. Le Crétacé moyen ... 223
2. Le Crétacé supérieur ... 223
3. L'Eocène ... 224
4. L'Oligocène ... 225
5. Les grès ... 226
6. Les autres constituants de l'Unité de Paterna ... 226
A. Les lambeaux du domaine externe ... 227
1. Subbétique ... 227
2. Unité del Algarrobo ... 227
B. Les lambeaux d'origine problématique ... 228
III. Conclusion ... 228
Chapitre XII.—Le Pénibétique ... 231
I. Definition et historique ... 231
II. Coupes du Pénibétique ... 234
1. Massif du Berrueco ... 234
a) Coupe transversale du Berrueco ... 234
b) Coupe du bord septentrional ... 236
2. Grazalema ... 237
3. Villaluenga del Rosario ... 238
4. Coupe de Benaocaz (fontaine de Chiquero) ... 239
5. Puerto de Galiz ... 241
6. Autres affleurements de couches rouges ... 242
III. Conclusion ... 245
Chapitre XIII.—Les terrains post-orogéniques ... 247
I. Généralités ... 247
II. Le Miocène supérieur ... 247
1. Coupe de Medina Sidonia ... 247
2. Autres affleurements de la zone cartographiée ... 251
a) Feuille de Medina Sidonia ... 251
b) Feuille de Paterna ... 251
c) Feuille d'Algar ... 252
3. Coupe du Miocène de Carmona ... 253
III. Le Pliocène ... 254

PAGES

1. Le Pliocène marin... 255
2. Le Pliocène lacustre ... 256
IV. Le Quaternaire... 256
1. Le Quaternaire ancien... 257
a) Les alluvions anciennes du Nord-Ouest de la Sierra del Valle... 257
b) Les alluvions anciennes du Guadalete ... 257
c) Les éboulis anciens ... 257
2. Le Quaternaire récent... 258
a) Alluvions fluviatiles ... 258
b) Les dunes... 528
c) Les marais... 258
d) Les éboulis récents et les glissements ... 258
V. Conclusion... 258
Chapitre XIV.—Conclusions générales sur la stratigraphie... 261
I. Le Subbétique ... 261
II. Le Pénibétique... 262
III. Les moronites ... 263
IV. L'Unité del Algarrobo... 263
V. Le flysch ... 263
VI. L'Unité de Paterna ... 264
VII. Les terrains post-orogéniques... 264
Addendum... 265

Deuxième partie.—Tectonique

Chapitre XV.—L'Unité de Paterna ... 271
I. Généralités... 271
II. Description des fenêtres de la zone cartographiée ... 272
1. Feuille de Paterna de Rivera... 272
a) Fenêtre de Paterna ... 272
b) Fenêtre de Sierrezuela ... 274
c) Fenêtre de Las Herrerías-Berroquejo ... 276
2. Feuille de Medina-Sidonia ... 276
3. Environs d'Alcalá de los Gazules ... 278
4. Feuille d'Algar... 280
a) Fenêtre de la Sierra Alta ... 280
b) Fenêtre de la Peña Arpada... 281
c) Les autres fenêtres ... 282
III. Extension de l'Unité de Paterna vers l'Est... 282

PAGES

IV. Position structurale et extension de l'Unité de Paterna en direction du bassin du Guadalquivir... 283
1. Place de l'Unité de Paterna dans le Nord de la province de Cadix... 283
2. Assimilation de la nappe de Carmona à l'Unité de Paterna ... 284
V. Conclusion 285
Chapitre XVI.—Tectonique du Subbétique 287
I. Généralités... 287
II. Caractères généraux du Subbétique 287
1. Le matériel stratigraphique 287
2. Allure générale des couches subbétiques 288
3. Les niveaux de décollement... 289
4. Etude de la Sierra de Dos Hermanas 289
III. Tectonique du Trias 291
1. Le Trias à la base des contacts tectoniques 291
2. Las grandes masses triasiques 293
IV. Tectonique des terrains subbétiques post-triasiques 293
1. L'arc de Las Cabras 294
A. L'anticlinal jurassique et crétacé inférieur de Las Cabras-Sierra de la Sal 294
B. Structure des couches plus récentes 296
C. Position du Trias 299
D. Le Miocène 299
E. Mise en place de l'arc de Las Cabras 300
2. La Sierra del Valle 301
a) Situation 301
b) Structure 303
3. Le Subbétique d'Espertales 304
4. Autres affleurements de Subbétique 304
V. Explication des disharmonies observées entre le Trias et les autres niveaux du Subbétique 305
1. Les explications à tendance fixiste ou stratigraphique 306
2. Les explications mobilistes 307
3. Essai d'explication des phénomènes observés dans le Subbétique 309
VI. Conclusion 312
Chapitre XVII.—Tectonique des moronites 313
I. Situation et position tectonique 313
II. Relations entre les moronites et les autres unités 313
1. Les moronites de Torrecera 314

PAGES

2. Les moronites du Río Salado de Paterna ... 315
3. Autres affleurements ... 316
a) Environs de Jerez de la Frontera ... 316
b) Sierra de Gibalbín ... 317
III. Conclusion ... 317
Chapitre XVIII.—L'Unité del Algarrobo ... 319
I. Généralités ... 319
II. Rapports avec les autres unités ... 319
1. Au Sud de Las Cabras ... 319
2. Au Puerto de Galiz ... 323
3. Autres affleurements ... 324
a) Zone cartographiée ... 324
b) Nord du Berrueco ... 324
III. Conclusion ... 325
Chapitre XIX.—Tectonique de la nappe de l'Aljibe ... 327
I. Situation ... 327
II. Caractères généraux de la nappe de l'Aljibe ... 328
1. Le matériel stratigraphique ... 328
2. Caractéristiques générales de la nappe de l'Aljibe ... 329
3. Allure de la nappe de l'Aljibe dans la zone cartographiée ... 329
a) Feuille de Medina et de Paterna ... 329
b) Feuille d'Alcalá et d'Algar ... 330
4. Le Miocène de los Pájaros ... 331
III. Mecanisme de mise en place de la nappe de l'Aljibe ... 332
1. Les grès de l'Aljibe et la série de base ... 332
2. Le Miocène moyen de los Pájaros ... 333
IV. Conclusion ... 334

TROISIEME PARTIE.—CONCLUSIONS GÉNÉRALES

Chapitre XX.—Problèmes structuraux et paléogeographiques de l'extrémité occidentale des Cordillères bétiques ... 337
I. Le matériel ... 337
A. Les données de la stratigraphie ... 337
1. Les unités externes ... 338
2. Les unités à matériel flysch ... 339
3. Les écailles de Majales et du Fresnillo ... 339
B. Les données tectoniques ... 341
1. Région d'Alcalá de los Gazules ... 341
2. Région d'Ubrique et de Grazalema ... 344

PAGES

C) Les données des sondages 344
II. Le problème de l'autochtone 348
1. Place de l'unité de Paterna 348
2. Le problème du Prébétique 349
3. Place de l'unité del Algarrobo 351
4. Le socle et sa couverture autochtone 351
III. Étude de la mise en place des nappes du Nord de la province de Cadix 354
IV. Datation de la mise en place des unités 355
V. Problèmes paléogeographiques, place du Nord de la province de Cadix dans l'édifice structural des Cordillères bétiques 357
1. Le Subbétique et sa liaison vers l'Est 357
2. L'unité del Algarrobo et la liaison vers le Sud (détroit de Gibraltar) 359
3. Le problème des flyschs 360
Bibliographie 363
Index géographique 375

RESUMEN [1]

La región estudiada está situada en la parte sudoeste de España. Ella comprende el extremo occidental de las Cordilleras Béticas en el norte de la provincia de Cádiz.

Fuera de una memoria de Mac-Pherson y una excelente carta de la provincia de Cádiz, levantada por J. GAVALA (1924), esta zona había sido poco estudiada. Se sabía que ella se encontraba en la prolongación occidental de la zona subbética y se pensaba que el "flysch" del Campo de Gibraltar la cubría en transgresión.

Esta memoria comprende, además de una rápida descripción geográfica y una introducción estratigráfica y estructural, tres partes: la primera está consagrada al análisis estratigráfico de las diferentes unidades definidas en este sector; la segunda, al estudio de la Tectónica; en la última se intenta reconstruir la Paleogeografía del extremo occidental de las Cordilleras Béticas y se describe el mecanismo de emplazamiento de los mantos de corrimiento.

PRIMERA PARTE: ESTRATIGRAFIA

Se puede entender el análisis estratigráfico, solamente si se considera la existencia de varias unidades tectónicas. Estas se pueden dividir en dos conjuntos.

En el primero se ubican las unidades que se han depositado en una cuenca de sedimentación de tipo pelágico que caracteriza *las zonas externas*: se trata de la Unidad de Algarrobo, de la Unidad de Moronites, del Subbético (s. s.), del Penibético y de las escamas de Majales y del Fresnillo. *Las otras unidades, más internas, son de tipo "flysch"*: se puede distinguir aquí el manto de Aljibe y la unidad Paterna.

---

(1) Traducción de D. Ricardo Mon.

1. El Subbético.

En el Subbético de la región de Cádiz se reconocían (J. Gavala, 1924) el Trías, el Jurásico y el Cretácico superior (J. Gavala, 1951).

La serie estratigráfica del Subbético es mucho más completa y, sin duda, continua desde el Trías hasta el Mioceno inferior.

En el Trías se pueden señalar dolomitas y calizas (Muschelkalk), como así también facies yesíferas (Keuper).

El Jurásico se caracteriza por una sedimentación dolomítica y calcárea, uniforme y continua, en la que se pudo datar el Lías superior, el Oxfordiano, el Kimeridgiano y el Titoniano.

El Cretácico comienza con calizas margosas blancas del Neocomiano. Continúa con margas y margas calcáreas que se hacen rojo salmón en el Cretácico superior. En el techo del Cretácico superior aparecen depósitos detríticos, que anuncian la sedimentación del Terciario. Todos los pisos han podido ser puestos en evidencia, ya sea por macrofaunas (Cretácico inferior) o por microfaunas (Cretácico medio y superior).

El Terciario es esencialmente margoso, pero los elementos detríticos son bastante constantes. El Paleoceno incluye bancos calcáreo-arenosos. El Eoceno (s. s.) es muy margoso, con bancos de calizas margosas, de calizas organógenas y de calizas arenosas. El Eoceno inferior, medio y superior ha podido ser datado por microfaunas, algunas pelágicas y otras bentónicas. El Oligoceno aflora bastante poco, pero sus margas blancas y sus areniscas con cuarzo hialino son muy características. El Mioceno inferior ha podido ser distinguido solamente en la hoja 1 : 50.000 de Paterna : ha sido datado por microfaunas pelágicas.

2. El Penibético.

El Penibético comienza por un Trías calcáreo dolomítico (Muschelkalk), después arcilloso y arenoso (techo del Keuper), sobre el que se depositan dolomitas bien estratificadas, amarillas, del Rético. El Lías es dolomítico en su base ; él se continúa con calcáreos compactos y oolíticos o pseudo-oolíticos. El Jurásico superior comprende calcáreos compactos y calcáreos oolíticos. El techo de la sedimentación carbonatada está datado, según los puntos, como Titoniano o Berriasiano.

El Cretácico inferior está, en general, ausente ; hay un Karst labrado en el techo del calcáreo jurásico, rellenado por margas del Cretácico medio, que comienza por una superficie dura ferruginosa y glauconífera. El Cretácico superior corresponde a las "capas rojas" ; éstas continúan, por otra

parte, hasta el Eoceno. Los niveles del Eoceno superior están cargados de arcillas y aparecen aportes detríticos. Estos producen un verdadero flysch en el Oligoceno.

En el frente septentrional del Penibético existe en el corredor de Boyar una serie de escamas (escamas de Majales y del Fresnillo), cuyos caracteres estratigráficos permiten suponer que ellas vienen de una región aún más al Sur.

3. Las Moronites.

Son arcillas y margas con diatomeas que se han depositado desde el fin del Oligoceno hasta el Mioceno medio. Estos depósitos corresponden, sin duda, a un ambiente de sedimentación situado en el borde septentrional de la cuenca subbética.

4. Unidad de Algarrobo.

La unidad de Algarrobo incluye una serie estratigráfica de carácter esencialmente pelágico, de edad cretácica media y superior. Se ha datado de manera segura el Albiano, el Vraconiano, el Cenomaniano, el Campaniano y el Maestrichiano, pero es posible que existan niveles más recientes (Eoceno). Esta serie presenta gran analogía con el Cretácico superior de la "unidad de Tánger", en Marruecos septentrional.

5. El Flysch.

En la zona cartografiada aflora solamente el manto de Aljibe, en el cual se pueden distinguir dos elementos litológicos principales: la "serie de base" y las areniscas de Aljibe.

La serie de base presenta arcillas coloreadas cuya edad está comprendida entre el Cretácico superior y el Oligoceno. Hay intercalados niveles más duros: se trata de calizas arenosas con fragmentos de Microcodium del fin del Cretácico superior y del Paleoceno, y de conglomerados del Cretácico superior y del Eoceno.

Las areniscas de Aljibe, de edad probablemente oligocena o miocena inferior, está formadas por una potente serie de areniscas heterométricas en bancos más o menos regulares con características de "flysch". A esta unidad se relacionan igualmente las areniscas gruesas del Mioceno medio (Mioceno de los Pájaros), corrido con el manto de Aljibe, donde ellas constituyen, por otra parte, el producto de su desmantelamiento.

Más al Este, en la región de Grazalema y de Ubrique, afloran otras unidades del "flysch" (Unidad del corredor de Boyar y Unidad de Ubrique), cuyas facies recuerdan a las de otras unidades "flysch" del Campo de Gibraltar.

6. La Unidad de Paterna.

La Unidad de Paterna se desarrolla esencialmente en la provincia de Cádiz. Por sus características litológicas y por sus microfaunas, ella se acerca a la serie de base del manto de Aljibe. La distinción fundamental entre las dos unidades es de orden tectónico.

7. Los terrenos post-orogénicos.

Ellos se han depositado después del emplazamiento de los mantos de corrimiento del extremo occidental de las Cordilleras Béticas; comienzan en el Mioceno superior con facies molásicas y se continúan en el Plioceno. Los depósitos pliocenos están coronados por un episodio lacustre. En el Cuaternario, la sedimentación es continental y consiste en aluviones, derrumbamientos y grandes superficies de piedemonte.

SEGUNDA PARTE: TECTONICA

1. La Unidad Paterna.

Ella es conocida solamente en ventana tectónica bajo las otras unidades. De Oeste a Este, ella se observa desde la costa atlántica hasta la región de la Sierra del Tablón. De Sur a Norte se encuentran sus afloramientos desde la latitud de Vejer hasta Arcos. Ella se encuentra en sondeos, según E. Perconig, en la región de Carmona, donde está corrida sobre el Mioceno medio (transgresivo sobre el zócalo de la Meseta).

2. El Subbético.

El Subbético del Oeste de las Cordilleras Béticas no se presenta bajo la forma de un gran afloramiento continuo, sino que forma une serie de paquetes aislados los unos de los otros. No se puede seguir ninguna dirección tectónica de un afloramiento a otro; cada paquete ha avanzado independientemente de los otros.

Todos los afloramientos del Subbético están despegados sobre el Trías margo-yesífero y muy a menudo están afectados por "rabotages" basales. Un segundo nivel de despegue (Cretácico medio) ha desolidarizado los términos incompetentes más recientes (Cretácico superior a Terciario) de los términos más antiguos competentes (Jurásico y Cretácico inferior).

Dentro de cada uno de estos macizos subbéticos, las capas están, en general, en continuidad. De todas maneras, es bastante raro encontrar una serie completa desde el Lías hasta el Terciario; se encuentra, generalmente, una serie continua, ya sea del Lías al Cretácico inferior o del Cretácico superior al Terciario.

El emplazamiento del manto subbético se ha producido después de una fragmentación del conjunto de capas, sin duda previamente plegadas. Cada paquete se ha deslizado por su cuenta sobre el Trías margo-yesífero, que ha representado el papel de lubricante. La existencia del nivel de despegue en los niveles del Cretácico medio ha permitido a las capas del Cretácico superior y del Terciario desolidarizarse de las capas más antiguas. Estos fenómenos son los que han provocado el aspecto desordenado que presentan los afloramientos subbéticos de la provincia de Cádiz.

3. Las Moronites.

Ellas afloran únicamente al NW. de la zona cartografiada y están en contacto solamente con la Unidad Paterna y el Subbético. Las relaciones tectónicas entre estas diferentes unidades no son siempre muy claras, a causa de las condiciones de observación. Se trata frecuentemente de una superposición de terrenos tiernos cuya morfología es muy suave, y cuyos tintes (blanquecinos) son idénticos.

La superposición de las Moronites sobre la serie de tipo "flysch" (Unidad Paterna) no es puesta en duda. Parece también que el Subbético está corrido sobre las Moronites, pero no se excluye la posibilidad de que ciertos paquetes de Subbético estén incluidos tectónicamente en esta unidad (sobre todo de Triásico).

4. La Unidad del Algarrobo.

La unidad del Algarrobo aparece frecuentemente detrás del Subbético y en el frente del manto de flysch de Aljibe. Rara vez ella está en contacto con la unidad de Paterna, y cuando lo hace se trata de fragmentos marno-calcáreos incluidos en las arcillas de esta última.

La posición tectónica de la Unidad del Algarrobo es frecuentemente

compleja, a causa de los movimientos tardíos que han modificado los contactos y plegado los diferentes mantos de corrimiento; sin embargo, en general, la unidad del Algarrobo se ubica bajo el Subbético y bajo el flysch de Aljibe. Su origen debe buscarse delante del ambiente de sedimentación del Subbético, es decir, al NW. de este último.

5. El manto de Aljibe.

El manto del flysch de Aljibe ocupa una gran superficie al sur del ambiente subbético al que él cabalga claramente. Constituye el término estructural más elevado de los mantos de corrimiento del oeste de las Cordilleras Béticas (aparte de la zonas béticas s. s.). Su tectónica propia se caracteriza por un "rabotage" basal de sus dos integrantes principales (areniscas de Aljibe y serie de base) subyacentes.

TERCERA PARTE: PROBLEMAS ESTRUCTURALES Y PALEOGEOGRAFICOS

El análisis estratigráfico y estructural, así como los resultados de sondeos, muestran claramente que toda la zona cartografiada está constituida por un apilamiento de mantos de corrimiento.

El zócalo puede ser buscado solamente en profundidad en la fosa de Cádiz y se puede pensar que se trata del zócalo antiguo de la Meseta.

El emplazamiento de los diferentes mantos no se ha podido producir en una sola fase y hay que recurrir por lo menos a dos movimientos principales para explicar las superposiciones observadas actualmente. En particular la Unidad de Paterna tiene un origen probablemente meridional; ella parece relacionada al ambiente de sedimentación del manto de Aljibe. Ella se ha puesto en movimiento, sin duda, al comienzo del Mioceno medio con el manto de Aljibe y se ha diferenciado recién finalizado el Mioceno.

La zona estudiada presenta entonces una superposición de mantos de deslizamiento que se han acumulado en la cuenca del Guadalquivir. Cada uno de ellos ha podido deslizarse independientemente y fragmentarse durante el desplazamiento para darle a la región estudiada el carácter caótico observado actualmente.

PREMIÈRE PARTIE

Généralités et Stratigraphie

CHAPITRE I

GÉNÉRALITÉS

I. Le cadre géographique

A. Caractères généraux

La région qui fait l'objet de cette étude est presque entièrement située dans la province de Cadix. Cette province occupe l'extrémité méridionale de la Péninsule Ibérique. C'est aussi le point le plus bas en latitude de l'Europe continentale. En effet, la pointe de Tarifa se trouve à 36° de latitude Nord, tandis que le cap de Montapa, en Grèce, n'est qu'à 36°30' de latitude Nord.

La province de Cadix est limitée sur la moitié de son périmètre par la mer : à l'ouest la côte atlantique, à l'Est la côte méditerranéenne. Si ses limites, septentrionale et orientale, ne correspondent pas à des subdivisions géologiques, elles ont cependant souvent une valeur géographique (Río Guadalete, Río Guadiaro...). MAC-PHERSON a remarqué avec juste raison que la côte atlantique était formée par une suite d'alignements Nord-Ouest- Sud-Est en escalier, de Chipiona à Tarifa. La côte méditerranéenne se caractérise par une courbure plus régulière.

B. Le relief

Le relief augmente régulièrement de la côte vers l'intérieur. Dans la partie septentrionale, on trouve une suite continue de collines dont l'altitude va croissant lorsqu'on se dirige vers l'Est, les fortes altitudes ne s'observent que dans l'Est, dans la région où les unités géologiques commencent à s'ordonner.

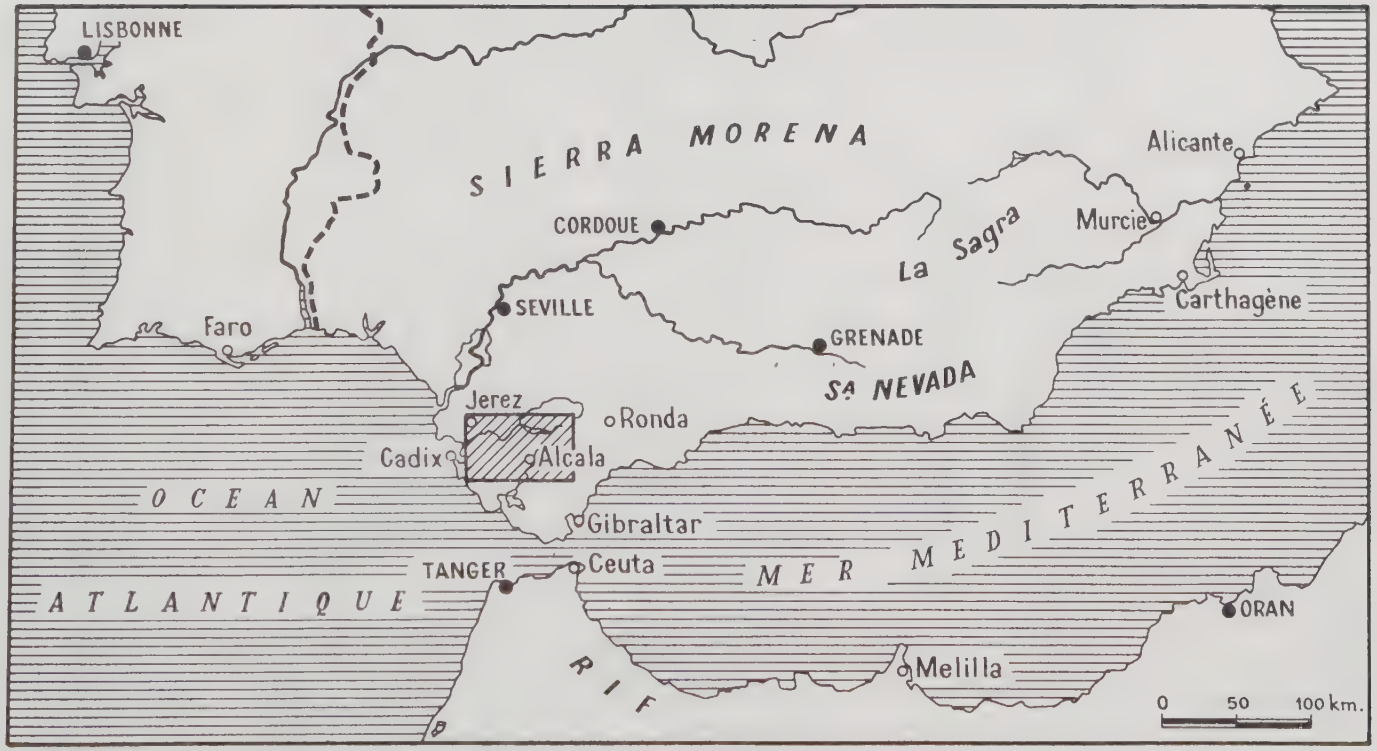


Fig. 1.—Situation géographique de la région étudiée.

Si l'on regarde attentivement les formes du relief, on peut diviser la province de Cadix en quatre zones.

La première zone, située en dehors de notre région d'étude, correspond aux vallées du Guadiaro et du Río Guadarranque. C'est une région de collines molles à relief adouci, aux croupes arrondies dont l'altitude oscille entre 300 et 400 m. Elle correspond aux affleurements des différentes nappes du flysch à l'exception de la nappe de l'Aljibe.

La seconde zone, limitée à l'Est par une ligne sensiblement Nord-Sud au niveau d'Algésiras, et à l'Ouest par une ligne allant de Conil au Nord de l'Aljibe, a une forme triangulaire. C'est une région de petites montagnes aux versants abrupts, aux crêtes escarpées, le plus souvent allongées, creusée par des vallées étroites et profondes dont le fond est plus plat. Les al-

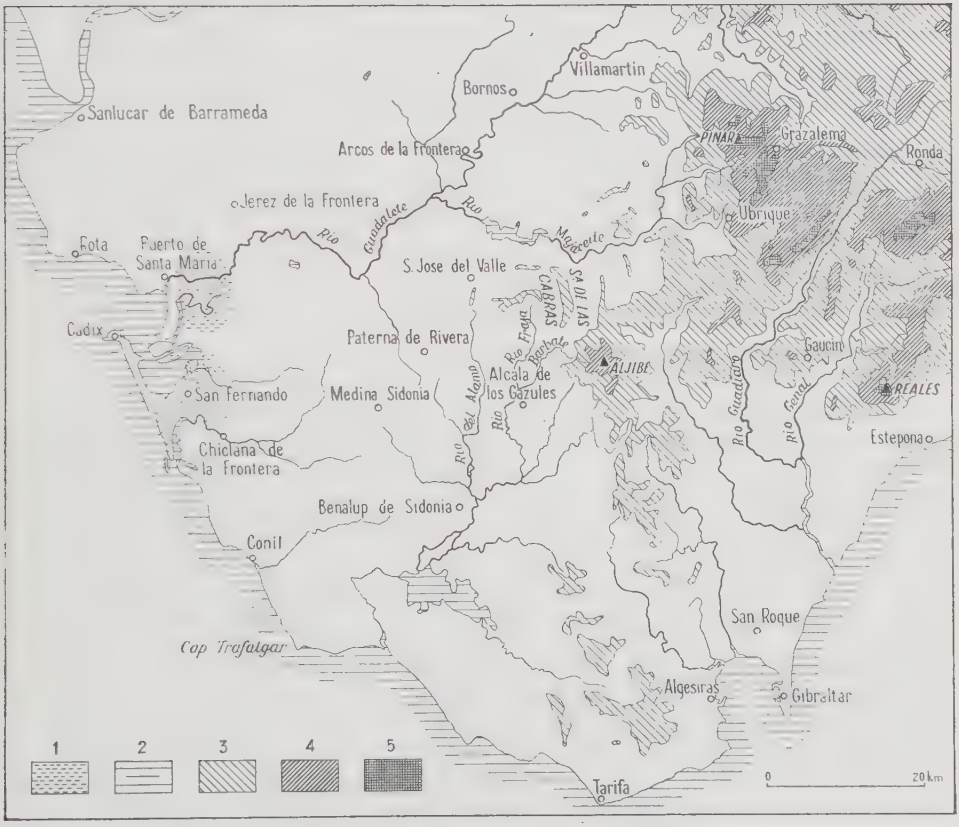


Fig. 2.—Carte orographique de la province de Cadix.

1 : Marais salants ; 2 : Océan, mer et lac ; 3 : Plus de 400 m. ; 4 : Plus de 800 m. ; 5 : Plus de 1.200 m.

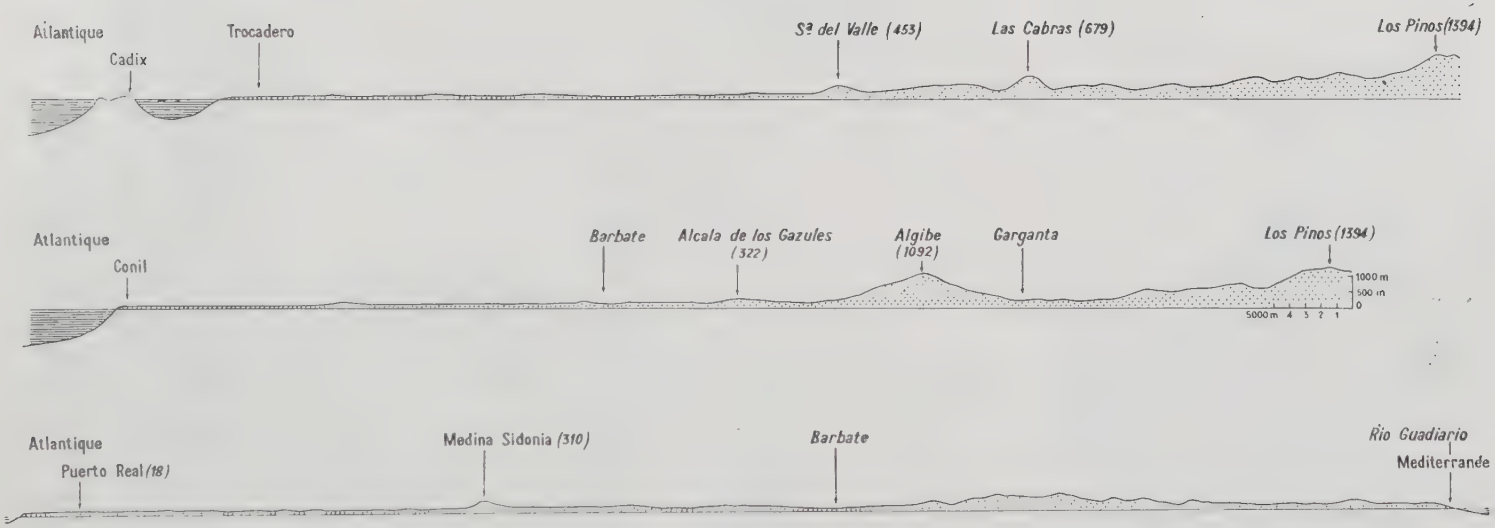


Fig. 3.—Trois profils topographiques à travers la province de Cadix.

titudes moyennes, de l'ordre de 500 à 600 m., vont croissant vers le Nord-Est pour atteindre 1.090 m. au sommet de l'Aljibe. Cette zone correspond à la nappe des grès de l'Aljibe et à la série de base argileuse sur laquelle ils sont décollés.

La troisième zone occupe la vallée du Guadalete. C'est aussi un pays de collines, en général moins élevées. Leur altitude varie de 100 à 300 m. à l'Ouest d'Alcalá de los Gazules. Les reliefs sont toutefois plus forts à l'Est de cette localité. Les sommets sont le plus souvent arrondis, avec cependant quelques pics déchiquetés par endroits. C'est une zone essentiellement marneuse, comportant une assez grande variété de terrains qui seront décrits plus loin (Subbétique, Unité de Paterna, Unité del Algarrobo...). Les escarpements sont dûs à des niveaux plus durs (calcaires, dolomies...) surtout fréquents à l'Est d'Alcala. Cette zone se prolonge vers le Nord dans la province de Séville et passe insensiblement au bassin du Guadalquivir.

La dernière zone est constituée par l'extrémité orientale de la province de Cadix : c'est la région de Grazalema et d'Ubrique, dominée par le sommet le plus haut de la province, la Sierra del Pinar (1.654 m.). On entre alors dans la montagne avec les reliefs calcaires imposants du Pénibétique et du Subbétique, reliefs qui vont se suivre à partir d'ici sur de grandes distances en direction de l'Est.

C. Hydrographie

La région étudiée est drainée par des rivières qui se répartissent dans deux bassins. Au Nord, le bassin du Guadalete, avec ses affluents, le Majaceite et le Guadalporcun. Au Sud le Barbate et ses affluents, le Río Alamo, le Río Fraja et le Río Albacete. Tous deux se jettent dans l'Océan Atlantique. La partie sud-est de la province de Cadix est drainée par des Ríos se jetant dans la Méditerranée (Ríos Cañas, Guadarranque, Guadiaro...).

La Guadalete prend sa source près de Grazalema, à une altitude de 1.200 m. environ, il se dirige d'abord vers l'Est, puis en contournant le massif montagneux des Sierras de Grazalema par le Nord, va prendre la direction de la baie de Cadix. Sa pente forte au départ pendant les dix premiers kilomètres, va devenir très faible sur le reste de son parcours. C'est son affluent, le Majaceite, qui draine la plus grande partie de la feuille d'Algar.

Le Barbate naît au pied de la Sierra del Aljibe. Avec ses affluents il draine la feuille d'Alcalá et le Sud de la feuille d'Algar. Il se dirige vers

le S.-SE., et avant de déboucher sur l'Atlantique, il passe dans la grande lagune de la Janda.

Quelques dépressions fermées, dans des zones où le Trias est abondant (Lagune de Medina), et un barrage artificiel (Pantano de Guadalcacín) complètent le système hydrographique de cette région.

L. Solé Sabarís classe ces rivières dans le type pluvial subtropical. Le niveau maximum des eaux est atteint en décembre et en février, et le niveau minimum en été. A cette époque de l'année, seuls les grands ríos précédemment cités et leurs principaux affluents conservent de l'eau. Les autres n'ont que de profondes poches d'eau où se retire la faune aquatique.

D. Climatologie

Le climat actuel de la province de Cadix est de type méditerranéen, légèrement modifié par sa position en bordure de l'Atlantique et au voisinage de l'Afrique. Il se caractérise essentiellement par une opposition entre une saison hivernale humide et fraîche et une période estivale sèche et chaude. Le tableau 1 résume les principales données climatiques du Sud-Ouest de l'Espagne

Tableau I : caractéristiques principales du climat (d'après J. M. Mabesoone).

	Séville	Cadix	Algesiras
Altitude...	30 m.	10 m.	14 m.
Température moyenne annuelle	19,2°	17,6°	17,5°
Température maximale moyenne	44°	34°	38°
Température minimale moyenne	0,2°	2,5°	3°
Précipitations annuelles...	498 mm.	464 mm.	1.479 mm.

Les premières pluies commencent à tomber en octobre, mais c'est surtout en décembre et en février qu'ont lieu les plus grandes chutes d'eau. L'influence de l'Atlantique tout proche, marque fortement cette époque de l'année et les précipitations observées sont parmi les plus fortes de la Péninsule Ibérique.

Les averses sont courtes, mais très abondantes, violentes et chassées par le vent. En été, au contraire, il n'est pas rare de rester depuis le début du mois de mai jusqu'à fin octobre, sans pluie.

La violence des pluies hivernales provoque une érosion très active : entraînement des sols et glissements en masses dans les régions marneuses.

Après un hiver, particulièrement pluvieux, comme ce fut le cas en 1962-1963, il fut fréquent de voir des portions d'oliveraies ayant glissé en masse avec leurs oliviers.

Enfin, une des caractéristiques climatiques de la province est la persistance pendant toute l'année de vents très violents. En été un vent chaud d'Est souffle souvent durant de nombreux jours consécutifs. En hiver ce sont des vents du Sud et du Sud-Ouest ; toujours aussi violents, ils apportent les pluies d'hiver.

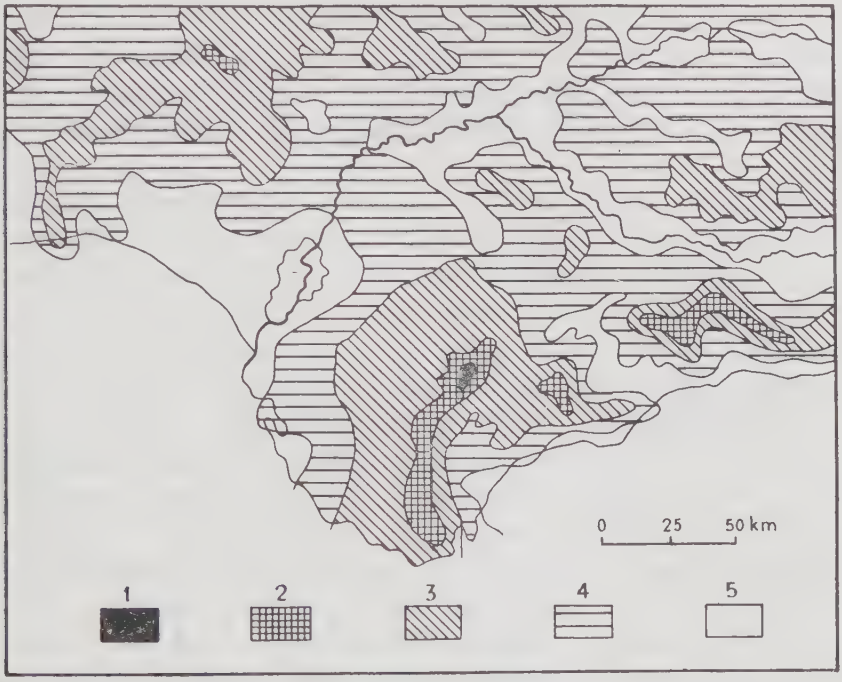


Fig. 4.—Carte de répartition des précipitations annuelles dans le Sud-Ouest de l'Espagne (d'après L. SOLÉ SABARÍS).

1 : plus de 2.000 mm. ; 2 : de 2.000 à 1.000 mm. ; 3 : de 1.000 à 700 mm. ; 4 : de 700 à 500 mm. ; 5 : de 500 à 300 mm.

E. Végétation

La végétation a un cachet nettement méditerranéen. Deux grands groupes de végétation peuvent s'observer suivant la nature du substratum. Dans les grès de l'Aljibe, la flore est représentée par de belles forêts de chênes-

liège ; il est à noter que ce ne sont que les grès de l'Aljibe en place qui supportent ces forêts. Les autres grès comme ceux du Trias, par exemple, ne portent jamais de chênes-liège, mais des oliviers sauvages, associés quelquefois à des plantes de type atlantique : palmiers nains et genêts. Au pied de ces arbres, on rencontre souvent des fougères et de la bruyère, dont la racine est activement exploitée. La fabrication des ébauches de pipes est la seule industrie locale de villes comme Alcalá ou Gaucín.

Sur les autres terrains, généralement calcicoles, pousse en général une sorte de maquis, souvent impénétrable, formé de cistes, d'arbustes épineux, de lentisques, d'où émergent quelques chênes-kermès, des oliviers sauvages, et parfois des caroubiers et des chênes verts. Les lauriers roses ne prospèrent que dans le lit des ruisseaux et près des sources. Cette végétation se rencontre sur le Trias, et sur toutes les zones marneuses qui ne sont pas cultivées.

Toutefois, la plupart des zones marneuses et marno-calcaires sont en général labourées. C'est ainsi que la plus grande partie de la feuille de Paterna, et une grande partie de celles d'Alcalá, d'Algar et de Medina, sont couvertes de champs où l'on récolte le blé, le maïs, les pois chiches et le coton. Enfin, il ne faut pas oublier de mentionner les oliveraies sur les collines subbétiques de la feuille d'Algar.

Les quelques parcelles reboisées comprennent des eucalyptus, des pins ou des chênes. Toutefois, la caractéristique essentielle de la partie occidentale du N. de la province de Cadix réside dans ses champs labourés à perte de vue, où l'on cherche en vain l'ombre fraîche des arbres. La végétation ne se développe bien que dans l'Est lorsqu'on atteint la zone des grès de l'Aljibe. Il faut enfin noter que les sommets calcaires des Sierras de Grazalema et d'Ubrique sont complètement pelés ; seule la face nord de la Sierra del Pinar conserve encore une belle forêt résiduelle fossile de résineux, mais ceux-ci sont exploités activement.

F. Les ressources minérales

a) *Gîtes minéraux.*

Divers minéraux ont fait l'objet de petites exploitations ou de recherches. Ils se rencontrent toujours dans le Trias. Citons le soufre, des minerais de fer et du charbon. Mais leur faible extension les a fait abandonner depuis longtemps.

b) *Matériaux de construction.*

Une des caractéristiques de la province de Cadix est l'absence de calcaire à proximité des grandes cités (Cadix, Jerez, San Fernando...). L'affleurement le plus proche est celui du Berrueco, sur la feuille de Medina, mais l'exploitation prolongée le fera bientôt complètement disparaître. Actuellement, pour la construction de la base de Rota et pour les besoins des villes côtières, une carrière a été ouverte dans la Sierra del Valle, c'est-à-dire à quelques 80 Km.

c) *Les exploitations.*

En dehors d'une cimenterie à Puerto de Santa María, on rencontre seulement des exploitations locales de gypse et de calcaire pour alimenter de petits fours à plâtre ou à chaux.

G. Les voies d'accès

En dehors des grandes routes côtières, peu de routes traversent la région : il s'agit de la route Jerez-Algésiras par Medina-Sidonia et Alcalá de los Gazules ainsi que de la route de Chiclana à Medina-Sidonia.

Il faut ajouter la route qui va de Jerez au Puerto de Galiz par San José del Valle. Les autres voies ne sont guère praticables.

H. Cartes utilisées

Outre les photographies aériennes, j'ai utilisé pour cette étude les cartes topographiques à l'échelle du 1 : 50.000 del Instituto Geográfico y Catastral de España. Les localisations géographiques ont été faites soit d'après la toponymie de ces cartes, soit d'après le carroyage Lambert du Servicio Geográfico del Ejército.

La carte géologique du Nord de la province de Cadix, jointe à ce Mémoire, a été établie sur un fond topographique exécuté à partir de la carte topographique au 1 : 100.000 : Mapa del Mando du Servicio Geográfico del Ejército, feuilles n.° 288 : Cadix, et n.° 289 : Alcalá de los Gazules). Cette carte englobe les coupures au 1 : 50.000 suivantes :

Fig. 5.—Les voies d'accès.

N.° 1.061 : San Fernando.
N.° 1.062 : Paterna de Rivera.
N.° 1.063 : Algar.
N.° 1.068 : Cadix.
N.° 1.069 : Medina Sidonia.
N.° 1.070 : Alcalá de los Gazules.

L'amorce du carroyage Lambert a été reportée sur le cadre et sur la carte elle-même.

II. Historique des travaux relatifs a la zone cartographiée

A. Les travaux antérieurs

1. Les premières études.

Peu de géologues ont étudié le Nord de la province de Cadix, et la liste bibliographique relative à cette région se limite à un nombre très restreint de publications. Le manque de lignes directrices, tant dans la topographie que dans les séries en présence (en grande partie marneuses), ainsi que l'abondance de terrains post-orogéniques ou quaternaires, ont fait que cette zone a été un peu délaissée au profit de zones voisines. Plus à l'Est, dès la Sierra de Grazalema, les reliefs s'accentuent, les entailles dans les couches deviennent plus profondes, des structures apparaissent, pouvant se suivre sur des distances assez grandes ; du même coup, la densité des études géologiques augmente.

Deux géologues ont principalement contribué à la connaissance de la province de Cadix : Mac-Pherson et Juan Gavala y Laborde. Le premier a publié en 1872 à Cadix un mémoire de 156 pages intitulé : "Bosquejo geológico de la provincia de Cádiz". Le second, s'il n'a laissé que peu d'écrits en dehors de courtes notes et d'un travail sur la Sierra de Grazalema, est l'auteur d'une carte d'ensemble de la province à l'échelle du 1/200.000e, publiée en 1924, et qui a servi de base à toutes les interprétations postérieures.

a) *Mac-Pherson.*

L'ouvrage de MAC-PHERSON est la première publication exhaustive sur la province de Cadix (1).

Trois grands groupes de terrains y sont décrits: les terrains secondaires, les terrains tertiaires et le groupe des roches éruptives et des terrains à gypse.

Le Secondaire.

Les formations les plus anciennes qu'il a observées dans la province de Cadix sont d'âge secondaire et appartiennent au Lias (2). Formé principalement de calcaires, ce Lias est caractérisé par *Ammonites fibrons* (3) récoltée près d'Ubrique.

Ces calcaires liasiques sont surmontés par le Jurassique supérieur constitué par des schistes calcaires et des marbres roses à Aptychus. Au-dessus viennent des calcaires marneux blancs (Las Cabras) et des calcaires colitiques (La Graja) d'âge néocomien.

Selon Mac-Pherson, dans la série secondaire de la province de Cadix manqueraient, outre le Trias, le Jurassique moyen, le Crétacé moyen et le Crétacé supérieur.

Les terrains tertiaires se répartissent en trois groupes:

— L'Eocène, qui est formé de calcaires et de marnes et qui renferme des Nummulites.

— Le Miocène, constitué d'argiles et de grès (4) ainsi que de calcaires grossiers.

— Le Pliocène, qui couronne le tout, comprend des grès non consolidés.

Le groupe des roches éruptives et des terrains à gypse.

MAC-PHERSON décrit dans un groupe à part les roches éruptives (ophites) et les terrains gypsifères, car, dit-il, "bien que leurs relations en certains

(1) Il convient de noter cependant que DE VERNEUIL, lors d'un voyage dans la province de Cadix, avait récolté près d'El Bosque *Ammonites bifrons, A. complanatus* et *A. insignis.*

(2) MAC-PHERSON n'exclut toutefois pas la possibilité de couches triasiques, qui comprendraient alors une partie des terrains gypsifères.

(3) Détermination de DE VERNEUIL.

(4) Ces argiles et ces grès correspondent sans doute à la "série de l'Aljibe".

endroits avec la formation jurassique puissent conduire à les considérer comme l'équivalent de l'étage supérieur du Trias ou Keuper, leur manière d'être par rapport aux autres terrains stratifiés... font que je considère que ces terrains sont bien plutôt le résultat d'une profonde action épigénique qui a modifié les diverses couches dans cette partie de la péninsule depuis l'époque Miocène jusqu'à nos jours, qu'un seul terrain sédimentaire".

Pour MAC-PHERSON, la superposition aux terrains marno-gypsifères de couches aussi différentes que le Lias, le Crétacé ou le Tertiaire, suivant les points, ne peut guère s'expliquer par des lacunes ou des érosions; d'autre part la présence dans ces couches gypseuses de roches éruptives qu'il appelle "ophites", par comparaison avec des roches analogues des Pyrénées, ne pouvait que l'inciter à une explication basée sur la transformation des roches préexistantes sous l'effet de ces ophites.

Ainsi le gypse, les argiles bigarrées, le sel gemme, la dolomie et le quartz que l'on observe dans ces formations, seraient le "résultat d'une ac-

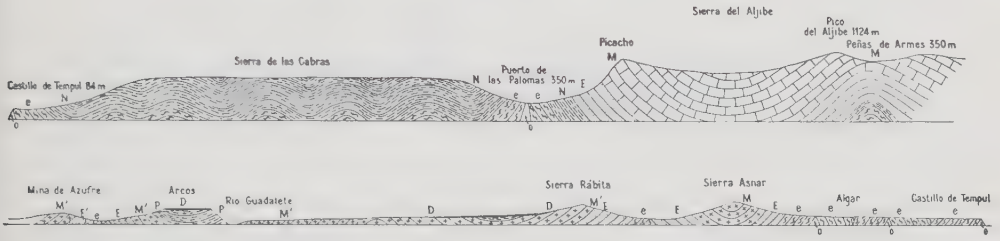


Fig. 6.—Coupe géologique d'Arcos de la Frontera à la Sierra del Aljibe, selon J. MAC-PHERSON (1872).

D: Diluvium; P: Pliocène; M': Calcaire grossier; M: Marnes et argiles; E: Calcaire nummulitique; e: Terrain épigénique; o: Ophites.

tion minéralisatrice... qui a fait que les couches des différents terrains ont perdu leur caractère distinctif".

Le métamorphisme serait d'ailleurs lié à la tectonique. Les montées d'ophites auraient profité des axes anticlinaux, zones moins résistantes, pour se frayer un passage plus facile, lors de la phase de compression qui a affecté le Sud de l'Espagne.

Une figure de MAC-PHERSON (Fig. 6) nous fera comprendre cette interprétation. Elle montre bien au niveau du Puerto de las Palomas l'intrusion de roches ophitiques qui profitent d'un axe anticlinal pour monter. On voit aussi les terrains épigénisés, de part et d'autre des ophites.

b) *J. Gavala.*

C'est à Juan GAVALA Y LABORDE que l'on doit la première carte géologique de la province de Cadix. Cette carte publiée en 1924, résultat d'une longue étude des terrains de la zone gaditane, constitue le document de base sur ces régions. Il est regrettable que ce travail n'ait pas été complété par une monographie géologique sur la province de Cadix, consignant toutes les observations recueillies par ce géologue.

Cependant l'interprétation de cette carte et la lecture de nombreuses publications faites par leur auteur, sur des sujets variés, permettent de se faire une idée des conceptions de J. GAVALA (5).

Partant du principe que tous les terrains sont en place, GAVALA ne distingue pas d'unités tectoniques et interprète les complications observées, par un certain nombre de phases de plissement successives.

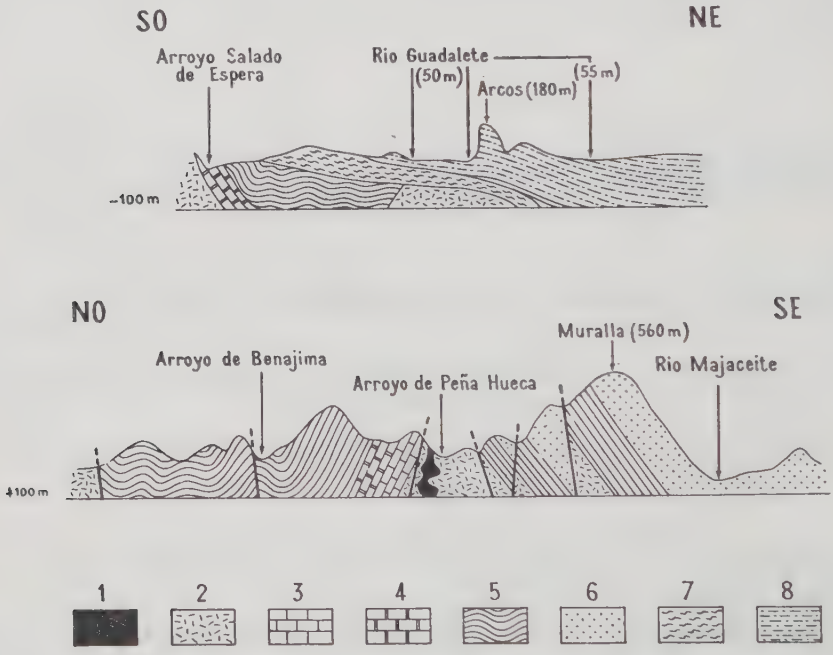


Fig. 7.—Coupes géologiques dans la Serranía de Grazalema d'après J. GAVALA (1918).

1 : Ophites ; 2 : Trias ; 3 : Tithonique ; 4 : Néocomien ; 5 : Nummulitique ; 6 : Oligocène ; 7 : Burdigalien ; 8 : Miocène.

(5) Il s'agit surtout de : "Regiones petrolíferas de Andalucía" et "Descripción geográfica y geológica de la Serranía de Grazalema".

Les deux faits stratigraphiques particulièrement importants qu'il apporte sont la datation des niveaux marno-gypsifères et des grès de l'Aljibe, respectivement du Trias et de l'Oligocène.

Les contacts entre le Trias et les autres termes de la série stratigraphique l'amènent à imaginer une suite de discordances qui se seraient produites au Lias, au Jurasique supérieur, au Tithonique et au Néocomien. Après une émersion de la région, la mer nummulitique aurait envahi les zones déprimées, laissant émerger des îlots constitués de Lias et de Jurassique. Une nouvelle discordance se placerait à la base des grès de l'Aljibe; elle sera suivie par des derniers plissements, avant les dépôts de la mer miocène.

Quelques coupes (Fig. 7, tirées de J. GAVALA, 1916 montrent bien cette interprétation dans le Nord-Est de la province de Cadix.

c) *A. Robaux.*

Cet auteur ne passa que peu de temps dans la province de Cadix. Sa découverte la plus importante est bien celle de microfaunes d'âge crétacé supérieur (A. ROBAUX, 1935) dans la zone du flysch du Campo de Gibraltar. Cette découverte aurait dû remettre en question la conception selon laquelle le flysch est transgressif sur les zones externes. Mais, à la suite des remarques qui lui furent faites par P. FALLOT, il pensa comme ce dernier auteur et M. BLUMENTHAL que ces microfaunes devaient être remaniées dans des terrains plus récents.

2. LES PREMIÈRES SYNTHÈSES.

S'ils ne se sont pas directement occupés de l'extrémité occidentale des cordillères bétiques, il convient de citer deux grands géologues qui ont fait beaucoup progresser la connaissance de cette chaîne. Il s'agit de Paul FALLOT et de Maurice BLUMENTHAL.

a) *M. Blumenthal.*

M. BLUMENTHAL par l'étude d'un secteur compris entre Ronda et Grenade contribua à la distinction dans le domaine externe des zones pénibétique, subbétique et prébétique et définit dans les zones internes la nappe de Malaga.

Dans la région de Grazalema, il étudia particulièrement les séries stratigraphiques du Pénibétique et du Subbétique, séries qui s'affrontent au Puerto de Boyar. Toutefois il fut quelque peu embarrassé par le flysch,

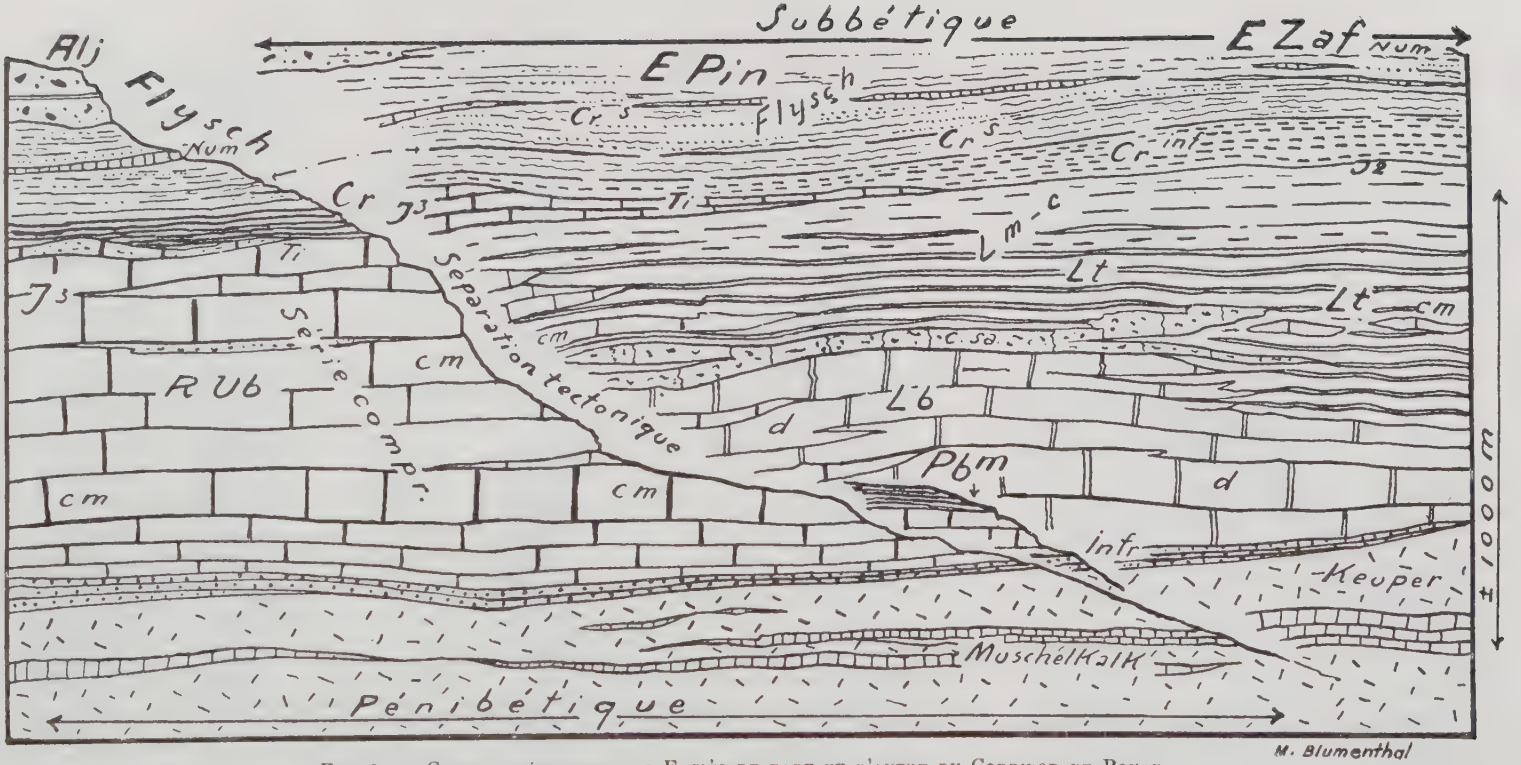


FIG. 8. — COUPE SCHÉMATIQUE DES FACIÈS DE PART ET D'AUTRE DU CORRIDOR DE BOYAR.

(A gauche figure la colonne des sédiments des structures pénibétiques, à droite celle du Subbétique.)

Abréviations :

Alj = Arenisca del Aljibe.
cm = calcaires massifs blancs.
Cr = Crétacé rouge.
Cr^{inf} Cr^{s} = Crétacé marneux inférieur, resp. supérieur.
C Sa = Calcaire du San Cristobal.
d = dolomies.
E Pin = Ecaille de Pinar.
E Zaf = Ecaille de Zafalgar.
J^2 = Dogger.
J^3 = Malm.
infr = Infralias.
Lb = Lias basal.
Lm-c = Lias marno-calcaire.
Lt = Lias tabulaire.
Num = Niveaux nummulitiques.
Pbm = Série de l'écaille de los Majales.
R Ub = Structures des Régions entre Ronda et Ubrique.
Série compr. = Série compréhensive.
Ti = Tithonique.

dans lequel il ne fit pas de distinction et qu'il plaça en transgression sur les séries pénibétiques et subbétiques, au-dessus du Crétacé supérieur.

La découverte par A. ROBAUX (1935) de Rosalines dans le flysch conduisit M. BLUMENTHAL à vieillir cette formation en certains points et à considérer qu'il pouvait y avoir de nombreux remaniements de Crétacé supérieur dans les couches plus récentes. La figure 8 indique clairement les conceptions de BLUMENTHAL sur la stratigraphie de ces deux unités.

Plus tard, il reviendra sur cette conception et montrera que les Pénibétiques externe et médian sont inséparables du Subbétique car ils sont unis par un flysch nummulitique commun (6), couronné par les grès de l'Alijibe.

b) *P. Fallot.*

Après de longues études consacrées à l'Est des cordillères bétiques, P. FALLOT entreprit de mettre en ordre les travaux relatifs à cette chaîne et publia (P. FALLOT, 1948) une synthèse. Le schéma qu'il donna (fig. 9) reste toujours le cadre structural auquel se réfère quiconque s'intéresse à la géologie de l'Espagne du Sud.

N'ayant pas eu l'occasion de parcourir l'Ouest des Cordillères bétiques, il ne s'étend pas sur ces régions; il se pose la question de savoir "si vers les régions gaditanes le charriage (du Subbétique) s'annule ou s'il s'exprime encore par un substantiel recouvrement", mais note l'allure désordonnée du Subbétique. Quant à la Serranía de Grazalema où BLUMENTHAL avait opposé les deux domaines pénibétique et subbétique de part et d'autre du corridor de Boyar, il ne voit pas dans le Pénibétique "une unité charriée indépendante du Subbétique".

Pour le flysch, il suit les idées de BLUMENTHAL et il en fait aussi un élément d'âge tertiaire transgressif sur le Pénibétique et sur le Subbétique, ce qui confirme son hypothèse d'un seul domaine subbétique.

B. Les travaux actuels

Depuis quelques années, de nouvelles équipes espagnoles et étrangères ont repris l'étude des cordillères bétiques et se sont implantées sur toute

(6) Cette conception était d'ailleurs étayée par le fait, qu'à la suite d'une étude de la Sierra Arana, menée en collaboration avec P. Fallot, ces deux auteurs étaient arrivés à la conclusion que ce massif appartenait au Subbétique. En raison de sa position tectonique, contre les zones internes, il n'y avait plus de place pour le Pénibétique.

Fig. 9.—Les subdivisions et l'encadrement des Cordillères bétiques (P. FALLOT, 1948).

l'étendue de la chaîne. Les géologues espagnols, sous l'impulsion de Monsieur FONTBOTÉ, Directeur du Laboratoire de Géologie de Grenade, s'occupent de la région centrale de la chaîne ainsi que de ses confins orientaux. Quant aux géologues étrangers, ils se répartissent en trois équipes principales: une équipe hollandaise de l'Université d'Amsterdam, qui étudie une transversale au niveau du méridien d'Almeria; l'école allemande de l'Université de Bonn sur la transversale de Ronda; enfin les géologues français de l'équipe Paul FALLOT dirigée par M. DURAND-DELGA et répartie des Baléares à Cadix, sur l'ensemble de la chaîne.

Dans l'Ouest des Cordillères bétiques, trois géologues travaillent ou viennent de terminer l'étude d'une zone proche de mon terrain d'étude. A l'Est, Peter HOPPE a repris l'étude du "double-pli gaditan" dans la région d'Ubrique et de Grazalema. Sa thèse a apporté d'utiles précisions stratigraphiques sur le Subbétique et le Pénibétique dans la Serranía de Grazalema. Avec lui, j'ai pu montrer que l'Unité de Paterna apparaissait sous le Subbétique au Nord du corridor de Boyar, et montrer que les écailles du corridor de Boyar, décrites par M. BLUMENTHAL, constituaient une unité indépendante. Toutefois, comme nous le verrons par la suite, nos interprétations tectoniques et paléogéographiques diffèrent quant à l'origine et à la mise en place du Subbétique et de l'Unité de Paterna.

Au Sud-Est, STEFAN DÜRR a étudié en détail le Pénibétique et le contact entre zones internes et externes, de Ronda à Gaucín. La fine analyse stratigraphique et tectonique de ces différentes zones a été un apport considérable à la connaissance de cette région, qui se trouve, géographiquement, en position marginale par rapport à mon terrain d'étude.

Au Sud, Jean DIDON s'est attaqué aux problèmes du "flysch du Campo de Gibraltar". Dans la région d'Estepona et d'Algésiras, il a pu individualiser un certain nombre d'unités tectoniques et stratigraphiques, et montrer le caractère allochtone des flyschs gaditans. Dans le Nord du Campo de Gibraltar, nous avons pu mettre en évidence, ensemble, l'existence de la nappe de l'Aljibe, terme supérieur de l'édifice structural de l'extrémité occidentale des Cordillères bétiques. Plus au Sud, s'individualisent sous la nappe de l'Aljibe, l'unité de los Nogales, réduite à quelques témoins de flysch crétacé inférieur, l'unité d'Algésiras comportant une série s'étendant depuis le Crétacé moyen jusqu'à l'Oligocène et caractérisée par son puissant flysch oligocène et l'unité de Camarote réduite géographiquement à la limite des zones internes et externes et à matériel essentiellement crétacé inférieur.

Dans la zone cartographiée, une mission de l'Institut Français du Pé-

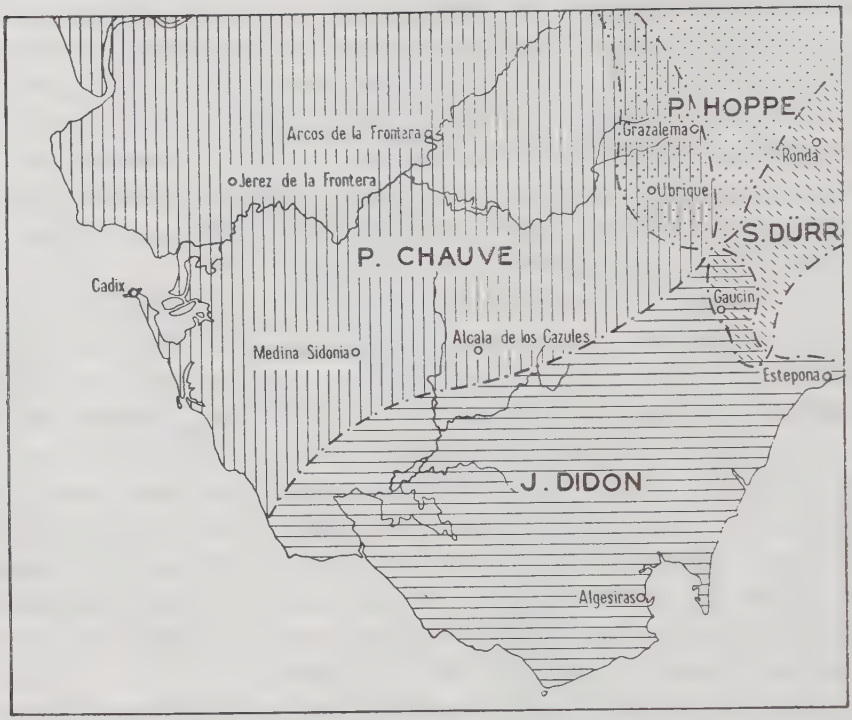


Fig. 10.—Les études récentes dans la province de Cadix.

trole (M. LATREILLE et SAVOYAT) a parcouru la feuille d'Algar avant mon arrivée, mais je n'ai malheureusement pas pu profiter de leurs observations en raison du secret qui les entoure.

Enfin, plus au Nord, E. PERCONIG (1960-1962) a étudié les sondages pétroliers effectués par la compagnie Adaro, dans le bassin du Guadalquivir et le Campo de Gibraltar, et a été amené à définir, dans le bassin du Guadalquivir, une nappe de glissement dite "nappe de Carmona"; dans le même temps, je définissais plus au Sud l'unité de Paterna (P. CHAUVE, 1960-62) qui est sans doute son équivalent, en surface.

C. Cartographie et extension des levers

Sur la carte de la figure 11 on peut voir le tableau d'assemblage des feuilles au 1 : 50.000 et l'extension de mes levers. J'ai fait porter mon effort sur quatre feuilles levées au 1 : 50.000 (Paterna de Rivera, Algar, Medina-

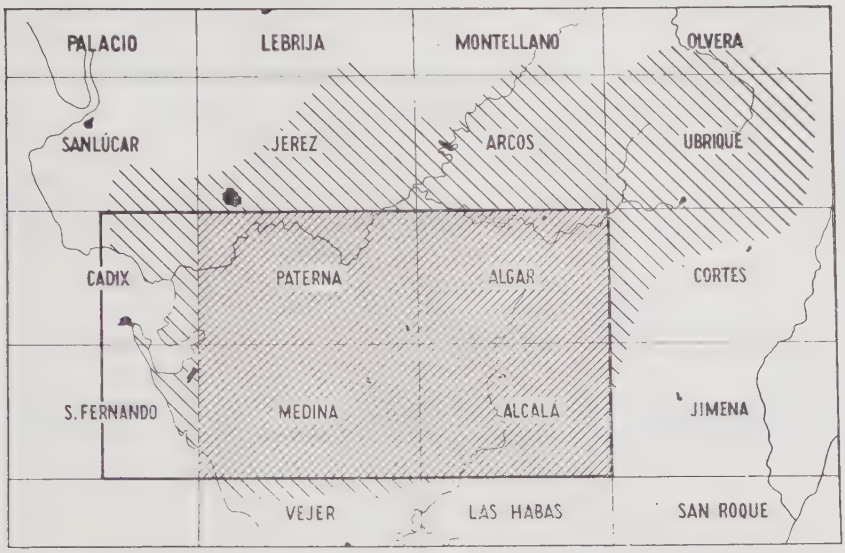


Fig. 11.—Tableau d'assemblage des cartes au 1 : 50.000 du Nord de la province
En barré serré : feuilles levées en détail ; en oblique lâche : régions où seuls certains secteurs ont fait l'objet d'études détaillées ; le trait épais indique les limites de la carte géologique au 1 : 100.000 du Nord de la province de Cadix (P. CHAUVE, 1966).

Sidonia et Alcalá de los Gazules). Mon étude a quelque peu débordé ce cadre et des courses m'ont permis d'étudier certains problèmes et de compléter mes levers sur les feuilles voisines (Cadix, San Fernando, Jerez de la Frontera, Arcos de la Frontera, Ubrique, Cortes...) surtout en direction du Nord-Ouest, pour suivre latéralement l'extension des unités mises en évidence dans cette zone, ainsi que pour compléter vers l'Ouest la carte géologique au 100.000 jointe à ce travail.

Chapitre II

INTRODUCTION STRATIGRAPHIQUE ET STRUCTURALE

A. Caractères généraux

Le Nord de la province de Cadix est un pays de nappes. L'existence de mouvements tangentiels importants conditionne la tectonique de la région. Si l'on n'admet pas cette notion, la structure de l'Ouest des Cordillères bétiques devient incohérente, les corrélations entre les couches de même âge et de faciès différents deviennent impossibles et les reconstitutions paléogéographiques, très difficiles.

A titre d'exemple, prenons le cas du Crétacé supérieur. Il se présente au moins sous trois faciès différents : marno-calcaires et marnes rouges, marno-calcaires et marnes vert-olive, associés à des brèches à silex, et argiles bariolées. Ces trois faciès peuvent coexister et se superposer dans le même secteur. De plus, chacun d'eux peut être retrouvé sur l'ensemble du territoire étudié. Des changements fréquents et successifs de faciès sont très improbables, et cette diversité des faciès de même âge, qui sont juxtaposés, ne peut s'expliquer que par le rapprochement tectonique de séries stratigraphiques appartenant à des domaines paléogéographiques différents.

La cartographie détaillée confirme d'ailleurs le phénomène. Les levers sont du reste souvent facilités par le rôle important que joue le Trias marno-gypsifère à la base des différentes unités, jalonnant fréquemment le pourtour des unités tectoniques.

Cette conception est bien différente de celles qui avaient été admises précédemmnent, notamment celle qui ressort de la carte de J. Gavala. Il faut préciser que cette interprétation n'a pu être démontrée qu'après confirmation des observations de terrain par des données micropaléontologi-

ques. En effet, à l'exception de quelques niveaux du Jurassique et du Crétacé inférieur, il n'y a pratiquement pas de macrofaunes.

La stratigraphie étudiée pour elle-même n'a donc aucun sens si les séries décrites ne peuvent être classées et rangées dans leur contexte structural. Aussi, avant d'aborder la description stratigraphique des différents terrains que l'on peut observer dans le Nord de la province de Cadix, convient-il d'examiner rapidement ici les principales unités qui ont pu être mises en évidence.

Il est difficile dès maintenant de justifier chacune d'elles et d'expliquer leurs relations mutuelles, ce qui sera fait plus loin au cours de leur description. Il suffit pour l'instant de savoir qu'outre les terrains post-orogéniques, on peut distinguer en première approximation deux grands domaines: le domaine externe et le domaine des flyschs.

B. Le domaine externe

C'est le domaine septentrional. Les différentes zones de faciès du domaine externe, soulignées souvent par des contacts tectoniques jalonnés de Trias, permettent de distinguer quatre unités bien individualisées.

1. Le subbétique sensu stricto.

C'est une zone bien connue dans l'ensemble des Cordillères bétiques. Elle comporte une série stratigraphique très complète, allant du Trias à l'Oligocène, sous des faciès principalement calcaires ou marneux.

2. Le Pénibétique.

Bien connu, lui aussi, et représenté dans la moitié occidentale de la chaîne, le Pénibétique n'existe ici que dans la partie orientale de la province de Cadix. Il renferme des terrains allant du Trias à l'Oligocène, mais sa série stratigraphique est moins complète et les termes supérieurs présentent des faciès flyschs.

3. L'unité del Algarrobo.

L'unité del Algarrobo montre des séries particulières et constitue probablement un faciès latéral du Subbétique: les seuls termes que j'y connaisse, vont de l'Albien au Sénonien. Cette série semble n'exister que dans

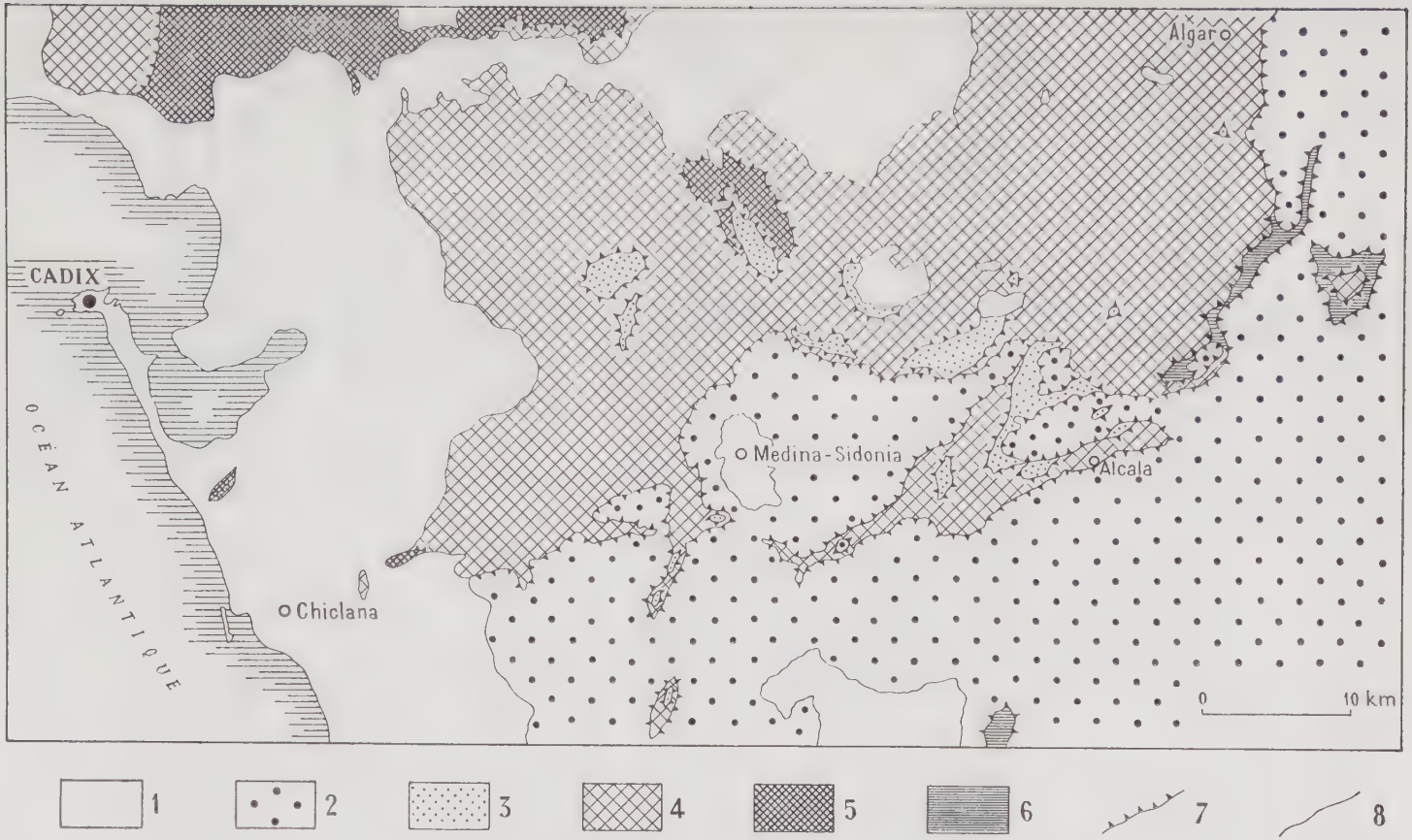


Fig. 12.—Carte structurale du Nord de la province de Cadix.

1 : Quaternaire ; 2 : Nappe du flysch de l'Aljibe ; 3 : Unité de Paterna ; 4 : Subbétique ; 5 : Moronites ; 6 : Unité del Algarrobo ; 7 : Contact anormal ; 8 : Contour géologique.

la province de Cadix, mais présente beaucoup d'analogies de faciès avec l'unité de Tanger dans le Nord du Maroc.

4. Les moronites.

Avec leurs marnes et argiles à Diatomées, d'âge oligocène et miocène, les moronites se sont probablement déposées à la marge septentrionale de la zone subbétique.

C. Le domaine des flyschs

Les unités du flysch sont surtout développées dans le Campo de Gibraltar, c'est à dire dans le Sud de la province de Cadix. Dans le Nord, les nappes à matériel flysch sont essentiellement représentées par leurs termes structuraux les plus élevés.

1. La nappe de l'Aljibe.

La nappe de l'Aljibe surmonte les nappes du flysch du Campo de Gibraltar. Cette nappe comporte une série d'argiles bariolées (d'âge crétacé supérieur à oligocène); ces marnes sont surmontées par une masse de grès décollée, d'âge oligocène supérieur à miocène inférieur.

2. L'unité de Paterna.

Par ses faciès (argiles bariolées et grès), l'unité de Paterna est sans doute à rattacher à la nappe de l'Aljibe. Elle s'en distingue toutefois par sa position structurale, en effet, elle apparaît toujours en fenêtre sous le Subbétique.

3. D'autres unités à matériel flysch peuvent s'observer dans la région d'Ubrique et de Grazalema. Il en sera question dans le chapître consacré au corridor de Boyar.

Mieux qu'une longue description, la carte structurale (fig. 12) montre la répartition des différentes unités et leurs relations mutuelles. Une coupe théorique simplifiée (fig. 13) indique la position structurale relative de chacune d'entre elles. Cette coupe n'est pas réelle mais tend à replacer sur un même profil les unités observées sur des coupes partielles.

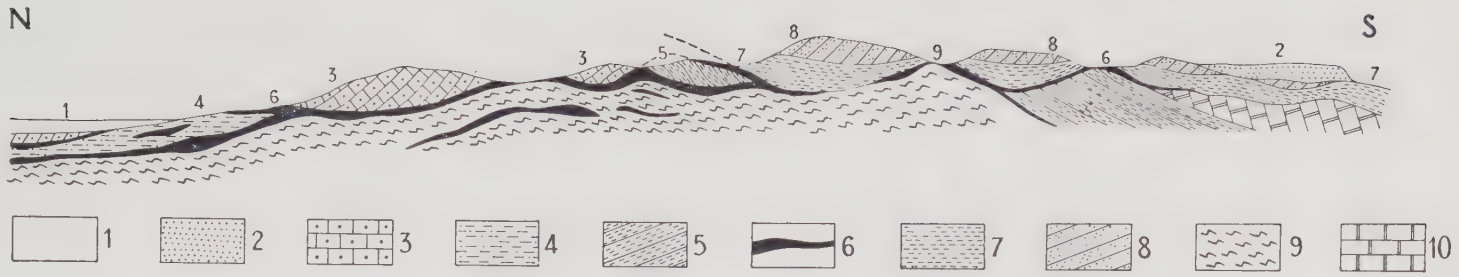


Fig. 13.—Coupe méridienne composite simplifiée dans le Nord de la province de Cadix.

1 : Quaternaire ; 2 : Terrains post-orogéniques ; 3 : Subbétique ; 4 : Moronites ; 5 : Unité del Algarrobo ; 6 : Trias marno-gypsifère ; 7 : Série de base de la nappe de l'Aljibe ; 8 : Grès de l'Aljibe ; 9 : Unité de Paterna ; 10 : Pénibétique.

D. Conclusions

La coupe schématique et la carte structurale permettent de voir que l'unité la plus profonde est l'Unité de Paterna, qui apparaît en fenêtre sous le Subbétique ou sous les grès de l'Aljibe. Cette unité est surmontée par le complexe subbétique, complètement décollé (ici le Subbétique s. s., les moronites et l'Unité del Algarrobo). Enfin, couronnant le tout, la nappe de l'Aljibe avec ses argiles de base et ses grès.

En dehors des terrains post-orogéniques, les terrains actuellement visibles dans le Nord de la province de Cadix ne sont pas en place. Même ceux qui apparaissent en fenêtre, proviennent de régions plus méridionales et masquent le substratum autochtone de la région. On ne peut se faire une idée de celui-ci que par quelques sondages situés à une centaine de kilomètres plus au Nord. Le substratum autochtone du Nord de la province de Cadix est donc entièrement masqué.

Les deux ensembles (Subbétique et Flysch) précédemment décrits sont totalement indépendants du socle et sont caractérisés par une tectonique de couverture. Ils présentent cependant une grande importance dans les reconstitutions paléogéographiques de l'Ouest des Cordillères bétiques. Toutefois, comme celles-ci sont tributaires de l'interprétation structurale et des comparaisons de faciès, nous insisterons particulièrement dans ce travail, sur l'étude des séries stratigraphiques et sur la tectonique, c'est-à-dire sur les faits. Une synthèse paléogéographique sera donc tentée dans un chapitre spécial, réservé aux interprétations.

CHAPITRE III

LE TRIAS

I. Généralités

Le Trias est largement représenté dans le Nord de la province de Cadix. Il affleure souvent sur des surfaces très étendues, mais parfois il est réduit à de minces bandes, peu épaisses, qui peuvent se suivre sur de grandes distances, à la limite de deux unités tectoniques, dont il souligne alors le contact.

En aucun endroit de la zone cartographiée, il ne repose stratigraphiquement sur son socle paléozoïque, mais se rencontre toujours sur des terrains plus récents. N'étant jamais en place, et le plus souvent à la base d'unités tectoniques, il est très disloqué et l'on ne peut pas en trouver de coupes complètes.

Ces conditions défavorables, auxquelles s'ajoute une extrême pauvreté en faunes, expliquent qu'en maints endroits le Trias ait pu être confondu avec d'autres terrains. C'est ainsi que certains grès du Trias ont pu être rangés dans l'Oligocène (grès de l'Aljibe) ou qu'à l'inverse, certaines argiles bariolées d'âge crétacé supérieur ou oligocène de l'unité de Paterna ou de la série de base de l'Aljibe ont pu être placées à tort dans le Trias.

Le complexe triasique comprend un cortège de dépôts clastiques et salins qu'on a l'habitude de rapporter au faciès germanique (Trias à "faciès germano-andalou" de M. BLUMENTHAL et P. FALLOT). Ses assises (gypses, argiles bariolées, grès rouges ou jaunes, cargneules, dolomies, sel...) sont en général associées dans le Nord de la province de Cadix, bien que le plus souvent broyées et extrêmement mélangées.

Les affleurements décrits ici sont généralement liés à la zone subbéti-

Fig. 14.—Répartition des affleurements de Trias dans la zone cartographiée.

— En rayé horizontal : complexe marno-gypsifère ; — en maçonnerie : dolomies ; — en pointillé : grès ; — en noir : ophites.

que et correspondent aux faciès des zones externes des cordillères bétiques. Ce n'est que lorsqu'on aborde le domaine des zones internes de l'édifice, que les faciès évoluent et que l'on passe aux faciès de type "alpin".

II. Les différents faciès du Trias

1. Le Gypse

On le rencontre dans presque tous les affleurements de Trias. Il est assez rare qu'il soit lité, comme par exemple au Cerro Tajo (au Sud de Paterna de Rivera); ce litage n'est qu'apparent, car il n'est pas dû à une stratification originelle mais à des compressions tectoniques. Quelquefois le gypse forme des masses compactes (à l'Est de Jerez de la Frontera, où il est exploité, ou au Sud-Est de Las Cabras). Dans ce cas, le gypse est saccharoïde, de couleur blanche, quelquefois rosée, rarement rouge. Mais le plus souvent il se trouve mélangé à des argiles et se présente alors sous forme de baguettes translucides, souvent enchevêtrées, qui sont dûes à une recristallisation secondaire causée par les efforts tectoniques qu'il a subis.

2. Le sel gemme

Il n'y a pas d'affleurement visible de sel gemme, mais il est certain que ce minéral accompagne le gypse en profondeur. La présence de nombreuses sources salées, quelquefois chaudes (par exemple dans le lit du Barbate, au Nord-Ouest d'Alcalá de los Gazules, en $x = 419{,}7$ et $y = 213{,}4$), à proximité ou dans les affleurements de Trias, en témoigne.

Il en est de même pour les nombreuses effervescences blanchâtres au goût caractéristique de chlorure de sodium de certaines sources en été. Ces sources salées peuvent être parfois d'un grand intérêt, car en certains endroits elles jalonnent des contacts anormaux où le Trias n'affleure pas, celui-ci étant masqué par des éboulis ou des glissements marneux. Un exemple peut en être donné sur la feuille d'Alcalá de los Gazules au Sud de la Loma de Medina, immédiatement au Nord-Ouest d'Alcalá: alors qu'à l'Ouest une bande de Trias sépare l'unité de Paterna de la nappe de l'Aljibe, vers l'Est les argiles des deux unités sont directement en contact; en certains points, des sources salées permettent de situer le contact entre les deux unités.

3. Les grès

De couleur variable, ils sont presque toujours très fins et micacés. Généralement jaunes, rarement rougeâtres, les grès du Trias sont constamment argileux ; très rarement, il s'agit de grès-quartzites blancs. Les grès jaunes du Trias ont parfois été confondus par J. GAVALA avec les grès de l'Aljibe, en particulier sur la feuille d'Alcalá, autour du pointement jurassique de La Graja ; il en est même pour le grand affleurement de la feuille d'Algar à l'Est de la Sierra de las Cabras.

Ces grès ont été exploités comme pierre à aiguiser au Sud du village d'Algar. J. GAVALA (1916, p. 54) y signale des Equisetum. J'ai retrouvé l'emplacement de la carrière, actuellement abandonnée. On y voit des grès fins argileux, micacés, de couleur jaune, en bancs assez épais, séparés par des lits à débris organiques contenant des Equisétales. J. GAVALA signale aussi des grès à Equisetum au Nord de Villamartín (au cortijo de las Gateras).

4. Les argiles

Dans presque tous les affleurements de Trias on rencontre des argiles ; quelquefois même, ce sont elles qui forment la totalité de ceux-ci. Leur couleur varie beaucoup : elles peuvent être rouges, violettes et même jaunes. Le plus souvent ces argiles sont indurées et quelquefois pélitiques.

5. Les sédiments carbonatés

Ils se trouvent associés aux autres termes du Trias. Quelquefois ils se présentent sous forme de minces lits de calcaires dolomitiques qui alternent avec des argiles et parfois avec des grès. Des masses plus importantes de calcaires dolomitiques et de dolomies affleurent en certains points. De couleur gris bleu, avec un litage assez net, ces calcaires dolomitiques et ces dolomies forment des bancs épais de un à deux mètres d'épaisseur et passant quelquefois à des horizons de dix à vingt centimètres. Ces formations s'observent en perticulier sur la feuille d'Algar à la limite du Subbétique et de l'Unité del Algarrobo.

Des affleurements carbonatés plus réduits se rencontrent aussi dans le complexe argileux : il s'agit de minces lits de calcaires dolomitiques gris

sombre, alternant avec de fines couches terreuses et qui se débitent en petits parallélépipèdes. Par opposition aux calcaires dolomitiques massifs précédents, je les appellerai "calcaires dolomitiques en plaquettes".

6. Les minéraux et les minerais

A part des quartz bipyramidés, souvent très nombreux et dont certains peuvent atteindre plusieurs centimètres, je n'ai pas rencontré d'autres minéraux. Par contre, un certain nombre de minerais peuvent se rencontrer, en très petite quantité. Ce sont le soufre, les oxydes de fer et de la barytine. Signalons aussi un début d'exploitation d'un petit niveau de charbon à l'Est d'Alcalá. De toute manière des couches triasiques sont par trop broyées pour être le siège d'exploitations rentables.

III. Les roches éruptives du Trias (1). (Fig. 15)

Emballés dans le complexe marno-gypsifère, on trouve de nombreux blocs de roches éruptives basiques, communément appelées "ophites". Les affleurements sont de taille très variable; certains blocs ne dépassent pas le mètre cube, mais d'autres peuvent constituer des collines entières. Ces "ophites" sont un élément très constant du complexe triasique; leur origine et leur âge seront discutés plus loin.

En dehors de ces roches basiques, j'ai trouvé deux blocs de roches éruptives leucocrates, elles aussi emballées dans le complexe marno-gypsifère. Comme de telles roches acides n'ont jamais été signalées dans le Trias des cordillères bétiques, une description précise en sera donnée plus loin.

---

(1) L'étude des différents types de roches éruptives décrits dans ce chapitre a pu être menée à bien, grâce à l'aide que m'a apporté R. Dubois que je remercie très vivement.

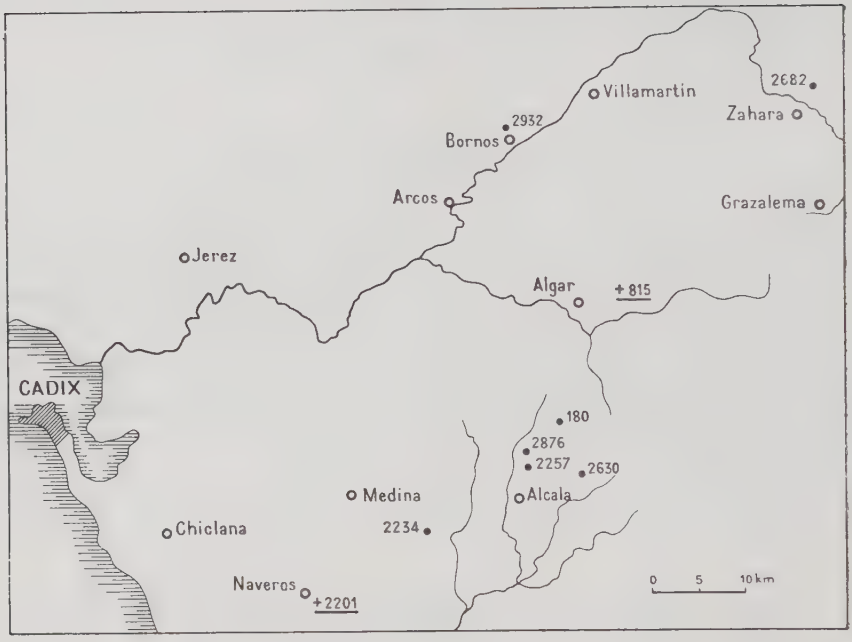


Fig. 15.—Localisation des échantillons des roches éruptives étudiées.
(Les numéros soulignés correspondent aux échantillons de roches acides.)

A. Les roches éruptives basiques

1.° Description.

Ce sont des roches très dures, généralement de couleur vert sombre, dont la surface est souvent altérée. Elles se répartissent dans la plupart des affleurements de Trias, mais leur aspect et leur nature pétrographique ne sont pas uniformes. Nous décrirons les principaux types reconnus dans la province de Cadix.

a) *Echantillon* 2257.

Cette roche provient d'un petit pointement d'"ophites" de la feuille d'Alcalá de los Gazules (x = 419,2 y = 213,1).

— Structure.

La structure de la roche varie de la structure doléritique intersertale à la structure doléritique poecilitique dans la même lame.

— Minéraux.

Les plagioclases (An 60-65) se présentent sous forme de lattes; ils sont souvent saussuritisés. Les macles les plus fréquentes sont celles de l'albite, mais on rencontre parfois la macle albite-péricline et rarement la macle albite-Carlsbad.

De petites plages de quartz, quelquefois en dentelle interstitielle et parfois en menus cristaux, semblent automorphes.

Un pyroxène rosé non pléochroïque de type augite, partiellement ouralitisé.

De la biotite très pléochroïque (du brun-foncé au jaune-brun), en associations syncristallines diffuses avec l'ouralite et le pyroxène.

Des taches d'oxyde de fer.

— Conclusion.

Il semble donc qu'il s'agisse d'une dolérite quartzeuse à biotite.

b) *Echantillon* 180.

Il s'agit d'un pointement d'"ophites" situé près du croisement de la route d'Alcalá de los Gazules au Puerto de Galiz et du chemin de las Cabras (x = 423,8, y = 217,5).

— Structure.

En lame mince, la roche offre une très belle structure doléritique.

— Minéraux.

Les plagioclases, très peu altérés se présentent sous forme de lattes, maclées albite-Carlsbad et albite; ils correspondent à un taux d'anorthite de 55-60 %.

Un pyroxène rosé, sans pléochroïsme notable, du type augite, présentant fréquemment la macle h_1 et dont les caractéristiques sont les suivantes:

$$Ng \wedge c = 38°$$
$$2\hat{V} + 44°$$

L'olivine présente une altération serpentino-ferrugineuse en lacis et correspond à une hyalosidérite à 35 % de fayalite ($2\hat{V} = +100°$).

Une amphibole brun-vert, pléochroïque (brun à brun-verdâtre), de caractéristiques:

$$Ng \wedge c = 15°$$
$$2\hat{V} + 60°$$

Quelques petits cristaux de biotite pléochroïque (brun-foncé à brun pâle).

Des traces d'oxydes de fer.

— Conclusion.

Il s'agit d'une belle dolérite à olivine.

c) *Echantillon* 2630.

Cet échantillon provient du Trias situé au Nord-Ouest de la Peña del Ahmed, à la limite des feuilles d'Alcalá de los Gazules et d'Algar ($x = 424{,}2$, $y = 213{,}7$).

—Structure.

Elle est du type doléritique intersertale.

— Minéraux.

Les plagioclases, souvent saussuritisés, sont maclés albite ou albite-péricline. Ils correspondent à un taux d'anorthite de 60-65 %.

Les pyroxènes incolores, légèrement rosés, sont parfois maclés selon h_1 et sont du type augite

$$(2\hat{V} = +49^\circ,\ Ng \wedge c = 43^\circ)$$

Des plages d'amphibole verdâtre fibreuse (ouralite), qui sont des pseudomorphoses de pyroxène ouralitisé.

Cette ouralite est souvent associée à de la biotite en traînées diffuses, et il s'y ajoute quelquefois un peu de chlorite.

Des minéraux opaques.

— Conclusion.

Cette roche est une dolérite dont les pyroxènes sont partiellement ouralitisés. Les associations pyroxène-ouralite-biotite suggèrent que ces deux derniers minéraux résultent de la destruction du pyroxène ; toutefois, certains nids de biotite semblent bien originels.

d) *Echantillon* 2234.

Cet échantillon provient du Trias de l'Ouest de la Peña de la Graja (feuille d'Alcalá) en $x = 406{,}7$, $y = 206{,}7$.

— Structure.

Elle est du type doléritique poecilitique.

— Minéraux.

Les plagioclases (An 60-65) se présentent sous forme de grandes lattes,

plus ou moins complètement saussuritisées. Ils sont maclés albite, ou albite-Carlsbad, rarement selon la macle de Baveno.

Les pyroxènes roses forment de grandes plages qui enclavent les plagioclases. Ils présentent la macle h_1 et sont peu pléochroïques. Leurs caractéristiques :

$$2\hat{V} = + 56°$$
$$Ng \wedge c = 33°$$

en font une augite. Certains cristaux sont ouralitisés.

L'amphibole correspond à une ouralite secondaire.

La biotite est souvent associée aux pyroxènes et à l'ouralite ;

On observe aussi des traces d'oxyde de fer.

En outre, la lame est traversée par une veine sécante cicatrisée par l'association : quartz-calcite-chlorite et séricite.

— Conclusion.

Il s'agit d'une ophite altérée.

e) *Echantillon* 2682.

Il a été prélevé sur la feuille d'Olvera au Sud de la Sierra d'Algodonales.

— Structure.

Elle est du type microdoléritique porphyrique.

— Minéraux.

On observe deux générations de plagioclases, des microlites et des phénocristaux. Ces plagioclases sont entièrement saussuritisés.

Le pyroxène est très abondant, il se présente sous forme de granules brun-violacés pléochroïques et correspond à une augite titanifère.

Sur des fantômes de phénocristaux de plagioclases, on rencontre un mélange d'albite et de muscovite ainsi qu'un minéral pléochroïque (vert pâle-jaune-brunâtre) à extinction oblique qui est sans doute de la pumpellyite.

Le biotite est peu abondante et forme de tous petits cristaux.

Des taches d'oxydes de fer.

— Conclusion.

Il s'agit sans doute ou d'une microdolérite porphyrique saussuritisée ou d'une andésite doléritique saussuritisée, à plagioclases pseudomorphosés par de la pumpellyite.

f) *Echantillon* 2683.

Il provient du même gisement que l'échantillon 2682 et présente les mêmes caractéristiques. Toutefois, les plagioclases sont un peu moins altérés et correspondent à un taux d'anorthite de 60-65 %.

g) *Echantillon* 2932.

Il s'agit d'un bloc remanié dans le Miocène au Nord-Ouest du village de Bornos.

Cet échantillon est tout à fait analogue par sa composition minéralogique à l'échantillon 2682, mais sa structure plus fine en fait une andésite.

h) *Echantillon* 2876.

Cet échantillon provient du Trias de la feuille d'Alcalá (x = 419,1, y = 212,8). Macroscopiquement, il s'agit d'une roche de teinte vert sombre à sphérolites blancs jointifs.

— Structure.

Elle est de type sphérolitique.

— Minéraux.

On distingue un fond chloriteux avec microgranules d'oxydes de fer, des veinules dentritiques de calcite et quelques microgéodes remplies par du quartz.

— D'énormes sphérolites de calcite à peu près pure, avec contours chevelus.

— Des traînées d'hématite tardive.

— Conclusion.

Il est difficile de préciser l'origine des sphérolites de calcite (primaire ou secondaire). Il s'agit sans doute d'une ophicalcite à texture sphérolitique.

2.° Conclusion.

De l'étude des "ophites" du Trias marno-gypsifère de la province de Cadix, il ressort que le faciès pétrographique de ces roches n'est pas uniforme et qu'il correspond à plusieurs types de structures. On peut ainsi répartir les roches étudiées en trois groupes principaux :

— roches à structure doléritique ;
— roches microlitiques à deux temps de cristallisation ;
— roches à sphérolites de calcite.

Toutes ces roches ont cependant une certaine parenté, et l'on peut penser qu'elles trouvent leur origine dans un même magma, chacune de ces roches s'étant individualisée suivant sa position au moment de la cristallisation.

Ces roches présentent beaucoup d'analogie avec celles qui ont été décrites dans le Trias en Afrique du Nord (M. ROUBAULT, 1933; V. KOVENKO et H. et G. TERMIER, 1955; M. DURAND-DELGA, 1955; A. CAIRE et M. GRAVELLE, 1957; M. MATTAUER, 1958).

3.° ORIGINE ET ÂGE DES OPHITES.

L'origine des roches éruptives basiques, associées au Trias, pose quelques problèmes car leur état de dislocation ne permet pas de savoir s'il s'agit de filons-couches ou de coulées. En effet, on ne trouve pas de traces d'appareil volcanique, pas plus d'ailleurs qu'on ne trouve de métamorphisme dans les roches encaissantes. Toutefois, la variété des roches, présentes dans ce complexe, permet sans doute de supposer qu'il y ait eu une différenciation, à partir d'un même appareil volcanique, de roches à refroidissement rapide et de roches à refroidissement lent. Si l'existence de coulées volcaniques dans le Trias est localement démontrée au Maroc (J. MARÇAIS, 1935), il y aurait eu ainsi possibilité d'obtenir des roches à deux temps de cristallisation et d'autres à cristallisation régulière selon leur place dans la coulée ou dans l'appareil volcanique.

Quant à la genèse de ces roches, il faut faire état des expériences de G. SADRAN (1952) qui montrent que des coulées basiques fondues et mises en présence de sédiments du Trias marno-gypsifère (gypse, sel, dolomie), recristallisent en donnant des types de roches analogues aux "ophites".

L'allure des affleurements d'ophites, emballés dans le Keuper, ne nous permet pas de résoudre le problème de leur âge. Toutefois leur localisation constante dans les faciès du Trias supérieur à l'exception des autres termes de la série subbétique, laisse supposer que celles-ci se sont mises en place au Trias supérieur.

Il faut cependant préciser que plus à l'Est dans la région de Jaen, ont été décrites (R. BUSNARDO et M. CHENEVOY, 1962) des dolérites intrusives qui métamorphisent des marno-calcaires du Lias supérieur et du Dogger. De même, un peu plus à l'Est, des pillow-lavas ont été rencontrés (José María FONTBOTÉ et I. QUINTERO, 1960) dans du Dogger. Mais aucune relation ni spatiale, ni pétrographique, ne peut être prouvée entre ces venues éruptives du Jurassique et celles du Trias.

B. Les roches éruptives acides

Des roches éruptives acides n'ont été reconnues qu'en deux points. L'un (échantillon 2201) se trouve sur la feuille de Medina Sidonia (x = 395,4, y = 197,8), l'autre (échantillon 815) sur la feuille d'Arcos de la Frontera (x = 426,6, y = 232,7). Ces deux affleurements sont très réduits et les roches en question se présentent sous forme de petits blocs de quelques dm^3 coincés dans le Trias qui jalonne des contacts anormaux.

1.° Description.

a) *Echantillon* 2201.

— Structure.

Elle est du type grenu cataclastique (les quartz sont à extinction onduleuse, les biotites sont déformées et les plans de macles des plagioclases sont tordus ou décrochés).

— Minéraux.

- — du quartz xénomorphe interstitiel;
- — des feldspaths alcalins (orthose - microcline) interstitiels, microperthitiques, se présentent sous deux formes, orthose et microcline (avec double macle albite plus péricline et parfois macle de Carlsbad), mais il y a souvent passage de l'un à l'autre; ils entrent en contact avec les plagioclases par l'intermédiaire de minces franges myrmékitiques;
- — des plagioclases subautomorphes, abondants, bien maclés et zonés cycliquement, de composition moyenne An 33;
- — de la biotite brun-rouge avec de nombreuses inclusions d'apatite;
- — des minéraux de néogenèse liés à des actions tectoniques (exsudations ferrugineuses des biotites, veinules microcristallines de quartz...).

— Conclusions.

Comme les plagioclases sont plus abondants que l'orthose, il s'agit d'une granodiorite à biotite.

b) *Echantillon* 815.

— Structure.

Il présente la structure grenue.

— Minéraux.
  — du quartz à extinction roulante;
  — de grands cristaux de microcline;
  — des plagioclases de composition moyenne An 30;
  — de la muscovite légèrement orientée;
  — de rares cristaux de biotite;
  — un peu d'apatite.
— Conclusion.

Cette roche correspond à un granite à muscovite.

2.° Origine.

Ce deux roches sont coincées dans des contacts anormaux jalonnés de Trias et l'on peut penser que ce granite et cette granodiorite ont été entraînés à la base des unités tectoniques à la suite peut-être d'écaillages profonds. Peut-être s'agit-il là de témoins du socle sur lequel se serait déposé le Trias subbétique. Comme ce socle est totalement inconnu, même en sondage, il était intéressant de signaler ces deux lambeaux.

IV. Quelques coupes du Trias

Rares sont les coupes continues, en raison de l'allure désordonnée que présentent généralement les affleurements de Trias. Quelques coupes partielles nous donneront cependant l'allure de ces formations.

1.° Coupe du Cortijo de Berroquejo (fig. 16).

Cette coupe a été relevée le long de la route de Medina-Sidonia à Jerez de la Frontera, au Km. 20,8. Les couches du Trias, qui surmontent anormalement les argiles de l'unité de Paterna, plongent fortement (70°) vers le Sud-Est. De bas en haut, on peut distinguer:

1. 5,00 m. d'argiles vert-clair et lie-de-vin.
2. 0,30 m. de dolomie gris-bleu à patine jaunâtre.
3. 0,20 m. d'argiles grises et vertes.
4. 0,20 m. de calcaires dolomitiques vacuolaires.
5. Sur 10 m., alternance de dolomie cristalline, en plaquettes de quel-

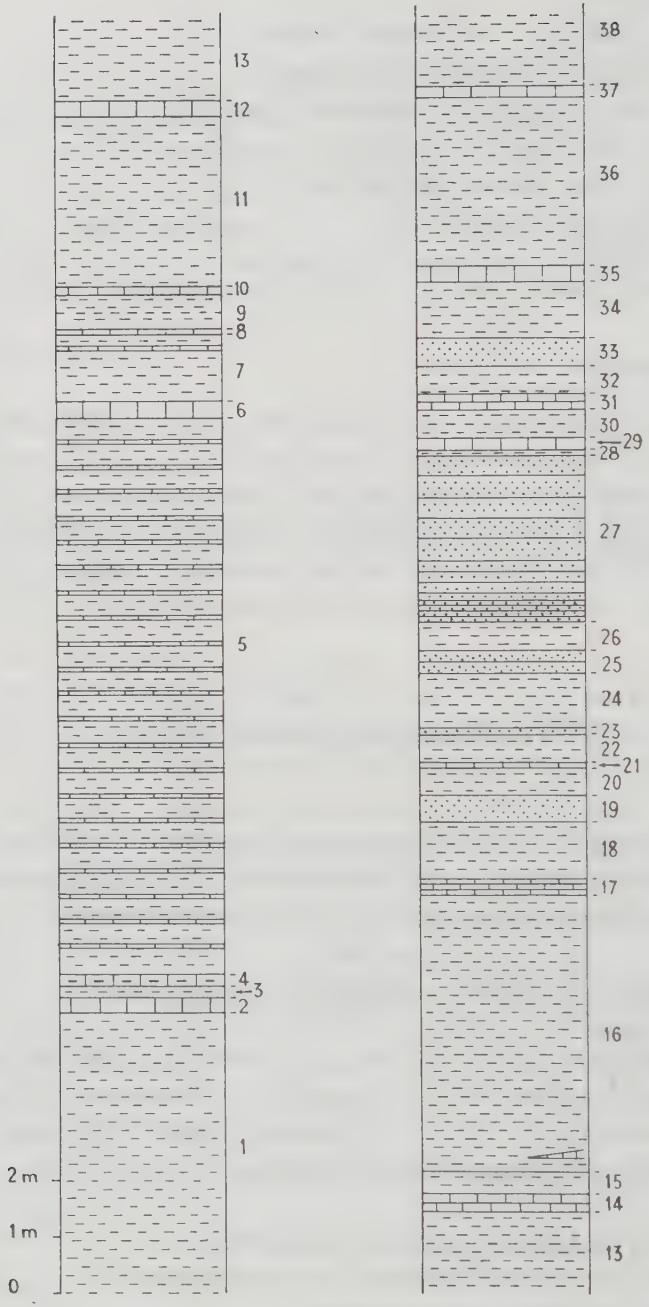


Fig. 16.—Coupe du Trias du Cortijo de Berroquejo.

(Les numéros renvoient au texte).

ques cm. d'épaisseur, et d'argiles vert-clair en lits de 10 à 20 cm.

6. 0,30 m. de calcaires dolomitiques.
7. 1,30 m. d'argiles grises avec un petit banc de dolomie blanche.
8. 0,10 m. de dolomie gris-bleu.
9. 0,30 m. d'argiles grises.
10. 0,20 m. de dolomie gris-bleu.
11. 3,00 m. d'argiles vert-clair.
12. 0,30 m. de calcaires dolomitiques vacuolaires.
13. 3,00 m. d'argiles rouges avec des passées vertes.
14. 0,30 m. de calcaires dolomitiques vacuolaires jaunes.
15. 0,40 m. d'argiles vertes.
16. 5,00 m. d'argiles rouges avec passées vertes et une lentille dolomitique à la base.
17. 0,30 m. de calcaires dolomitiques vacuolaires en plaquettes.
18. 1,00 m. d'argiles gris-bleu.
19. 0,50 m. de grès rouge ou lie de vin.
20. 0,50 m. d'argiles rouges et vertes.
21. 0,05 m. de dolomie jaune.
22. 0,50 m. d'argile rouge.
23. 0,10 m. de grès argileux rouge.
24. 1,00 m. d'argile rouge.
25. 0,40 m. de grès verdâtres, à grain fin, se débitant en plaquettes.
26. 0,50 m. d'argile gréseuse verte.
27. 3,00 m. de grès roses ou jaunâtres, finement lités à la base, en bancs plus épais au sommet.
28. 0,05 m. d'argiles vertes.
29. 0,20 m. de calcaires dolomitiques vacuolaires.
30. 0,50 m. d'argiles vertes.
31. 0,30 m. de calcaires dolomitiques vacuolaires.
32. 0,50 m. d'argiles vertes.
33. 0,50 m. de grès verts, très fins.
34. 1,00 m. d'argiles verdâtres.
35. 0,30 m. de calcaires dolomitiques vacuolaires.
36. 1,50 m. d'argiles grises.
37. 0,20 m. de calcaires dolomitiques.
38. Sur 1,00 m. des argiles vertes et rouges.

La partie supérieure de la coupe est cachée sous les éboulis du Subbétique, qui est superposé au Trias.

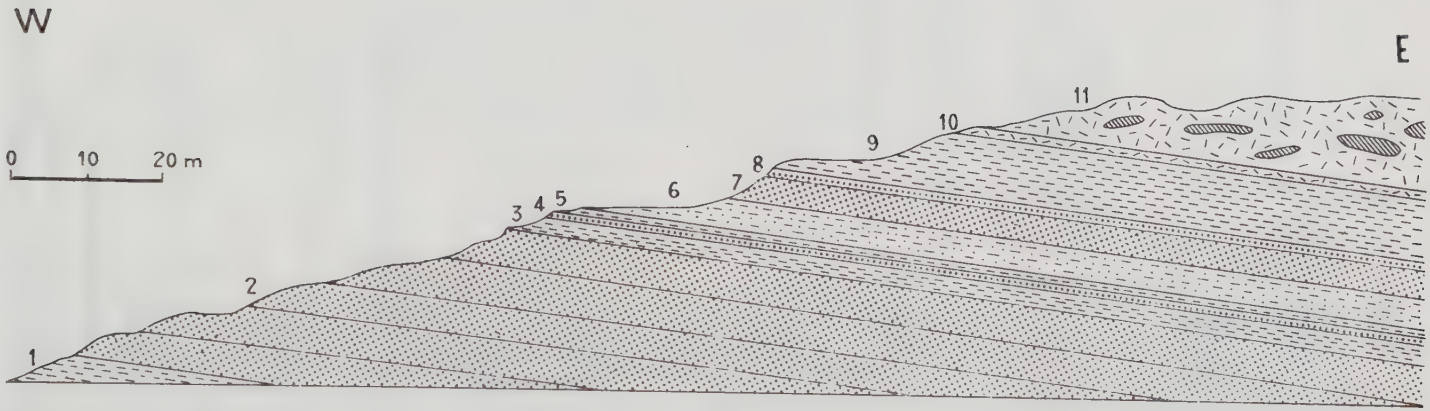


Fig. 17.—Coupe du Trias du Saltillo. (Les numéros renvoient au texte.)

2.° Coupe du Saltillo (fig. 17).

Près du Cortijo du Saltillo le bord de la route de Medina-Sidonia à Alcalá de los Gazules (Km. 44,2) offre un bon affleurement des séries argilo-gréseuses du Trias. Les couches plongent légèrement vers le Nord-Ouest et l'on observe de bas en haut :

1. 10,00 m. d'argiles rouges.
2. 75,00 m. de grès fins, légèrement micacés, de couleur rouge.
3. 3,00 m. d'argiles rouges avec de petits niveaux de grès psammitiques rouges.
4. 1,00 m. d'argiles blanches à patine grise.
5. 1,00 m. d'argiles rouges.
6. 10,00 m. d'alternances d'argiles rouges et de grès rouges micacés.
7. 5,00 m. de grès micacés rouges.
8. 1,00 m. de grès blancs.
9. 20,00 m. d'argiles rouges avec de petites passées pélitiques ou gréseuses.
10. 0,50 m. d'argiles avec gypse.
11. Une masse de gypse à allure bréchique, englobant des éléments argileux, gréseux et des débris d'ophites.

Ces deux coupes nous montrent que les niveaux argileux et gréseux ne sont pratiquement pas disloqués. Par contre, dès qu'apparaît le gypse, comme c'est le cas dans la partie supérieure de la coupe du Saltillo, l'ensemble triasique est complètement broyé.

3.° Coupe du croisement de la route d'Alcalá au Puerto de Galiz avec le chemin de Las Cabras (fig. 18).

Près de l'embranchement du chemin de Las Cabras (x = 423,8, y = 217,5), on trouve un petit piton formé de calcaires dolomitiques triasiques. Les couches, sub-horizontales, sont alternativement massives ou en plaquettes. Le niveau massif inférieur (niveau 2 de la fig. 18) montre des moules de petits Lamellibranches et de Gastéropodes indégageables, et une attaque à l'acide chlorhydrique a livré un fragment de Conodonte déterminé par Mlle Mauvier et attribuable à *Spathognathus* sp. Les autres niveaux n'ont rien donné.

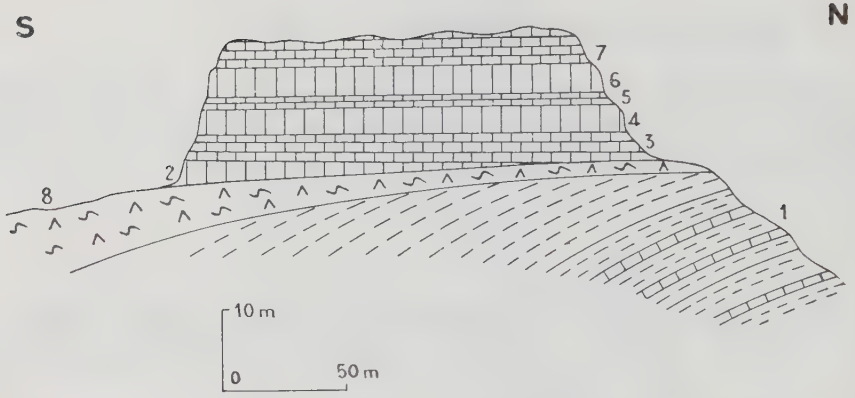


Fig. 18.—Coupe du Trias de l'embranchement du chemin de las Cabras. (Les numéros renvoient au texte).

4.° Coupe de Puerto de Boyar.

La coupe du Trias du Puerto de Boyar (fig. 19) est la coupe la plus complète que l'on puisse observer dans la province de Cadix. Cette coupe a été relevée au col même, dans cette dépression allongée d'Ouest en Est, située entre le massif subbétique de la Sierra del Pinar au Nord et les montagnes

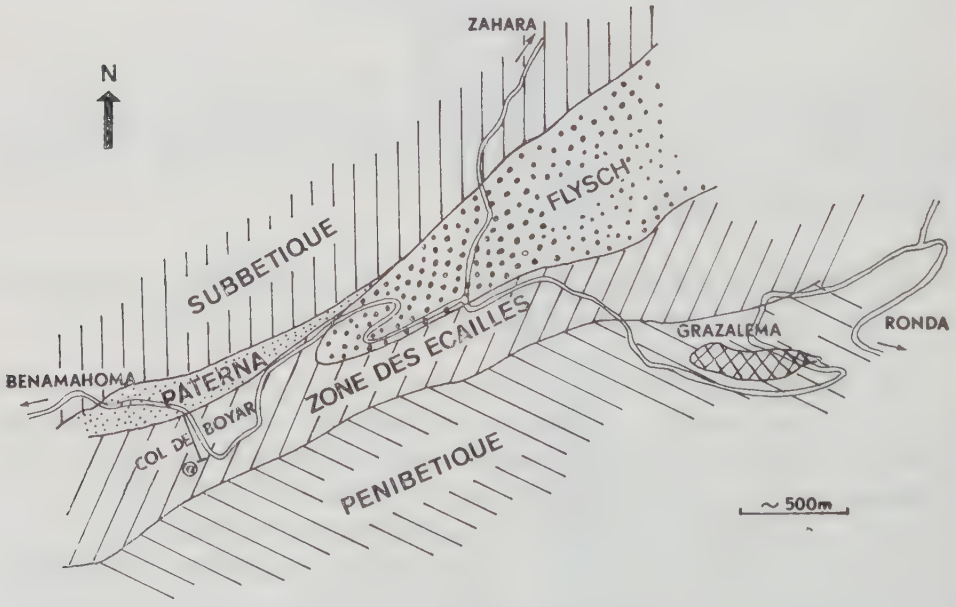


Fig. 19.—Schéma tectonique simplifié du corridor de Boyar.

pénibétiques des Sierras d'Ubrique et del Endrinal au Sud. La ville de Grazalema se trouve à l'extrémité orientale de cette dépression que Blumenthal (1933) a appelée "corridor de Boyar". Rappelons que cette zone (P. CHAUVE et P. HOPPE, 1962) est occupée, outre l'unité de Paterna et certains termes des nappes du flysch, par une série d'écailles (écailles de Majales et du Fresnillo). Le Trias décrit ici semble appartenir à la base de l'écaille de Majales.

Du Nord vers le Sud (de bas en haut), on observe la succession des couches verticales suivantes (fig. 20).

Des argiles azoïques vert-clair, appartenant peut-être à l'unité de Paterna, sont suivis par :

1. 1,00 m. d'argiles vertes avec petits bancs de gypse.
2. 1,50 m. d'argiles rouges et vertes.
3. 0,20 m. de dolomies massives à patine jaune, passant à
4. 0,20 m. de dolomies en petites plaquettes et joints argileux.
5. 0,55 m. d'argiles bariolées.
6. 0,20 m. de dolomie en plaquettes.
7. 0,20 m. de dolomies plus massives, jaunes.
8. 0,20 m. de dolomies en plaquettes de 5 cm.
9. 0,20 m. de marnes vertes.
10. 0,20 m. de dolomies alternativement en plaquettes et plus massives.
11. 0,50 m. de marnes vertes.
12. 0,35 m. de calcaires dolomitiques en plaquettes.
13. 0,15 m. d'argiles vertes.
14. 0,15 m. de dolomies en plaquettes.
15. 0,30 m. d'argiles vertes.
16. 0,10 m. de dolomies en plaquettes.
17. 1,00 m. d'argiles vertes.
18. 0,40 m. de dolomies grises.
19. 1,60 m. de marnes vertes et rouges.
20. 0,40 m. de grès blancs micacés à patine jaune.
21. 0,40 m. d'argiles vertes et rouges.
22. 0,15 m. de dolomies jaunes.
23. 1,80 m. d'argiles vertes avec passées gréseuses en petits bancs de quelques centimètres.
24. 0,40 m. de grès blancs, à patine jaunâtre, en plaquettes.
25. 0,25 m. de marnes vertes.
26. 1,00 m. de dolomies saccharoïdes.
27. 0,30 m. de calcaires dolomitiques massifs avec cubes de pyrite.

28. 0,50 m. de dolomies brèchiques blanches.
29. 0,20 m. de marnes vertes.
30. 0,75 m. de dolomies brèchiques.
31. 1,80 m. d'argiles vertes, avec bancs dolomitiques lenticulaires.
32. 0,40 m. de dolomies cristallines noires.
33. Quelques centimètres d'argiles grises.
34. 1,50 m. d'argiles vertes.
35. 0,30 m. de dolomies brèchiques.
36. 0,70 m. de marnes vertes et rouges.
37. 1,00 m. de marnes avec de petits bancs de grès micacés lenticulaires et de petites lentilles de gypse.
38. 0,25 m. de dolomies grises à patine jaunâtre.
39. 1,60 m. de marnes gréseuses vertes à lentilles de gypse.
40. 0,10 m. de calcaires dolomitiques.
41. 1,50 m. de marnes vertes à lentilles dolomitiques.
42. 1,50 m. de dolomies claires en plaquettes.
43. 6,00 m. de marnes vertes avec petites lentilles dolomitiques.
44. 0,50 m. de dolomies jaunes.
45. 1,50 m. de marnes vertes.
46. 0,70 m. de dolomies jaunes en plaquettes.
47. 0,50 m. de marnes vertes.
48. 0,25 m. de calcaires dolomitiques à débris de tests de Lamellibranches.
49. 0,50 m. de marnes vertes.
50. 0,30 m. de calcaires à débris de tests de Lamellibranches.
51. 0,30 m. de marno-calcaires.
52. 0,15 m. de calcaires gris bleu.
53. 0,50 m. de marno-calcaires gris jaunâtre, légèrement schisteux.
54. 0,25 m. de calcaires gris noir, à Lamellibranches et Gastéropodes.
55. 1,00 m. de marnes vertes.
56. 0,60 m. de marnes vertes avec lentilles de dolomie grise.
57. 1,20 m. de marnes vertes avec de petits niveaux calcaires.
58. 0,60 m. de calcaires gris bleu à patine grise contenant de nombreux Lamellibranches (*Nucula, Myoconcha, Gervilleia, Mytilus*...) des Gasterópodes (*Natica, Hologyra, Zygopleura*...) et deux Nautiles du genre *Tainoceras*.
59. 1,00 m. de marnes vertes.
60. 2,50 m. d'une alternance de petits bancs dolomitiques et de niveaux marneux.

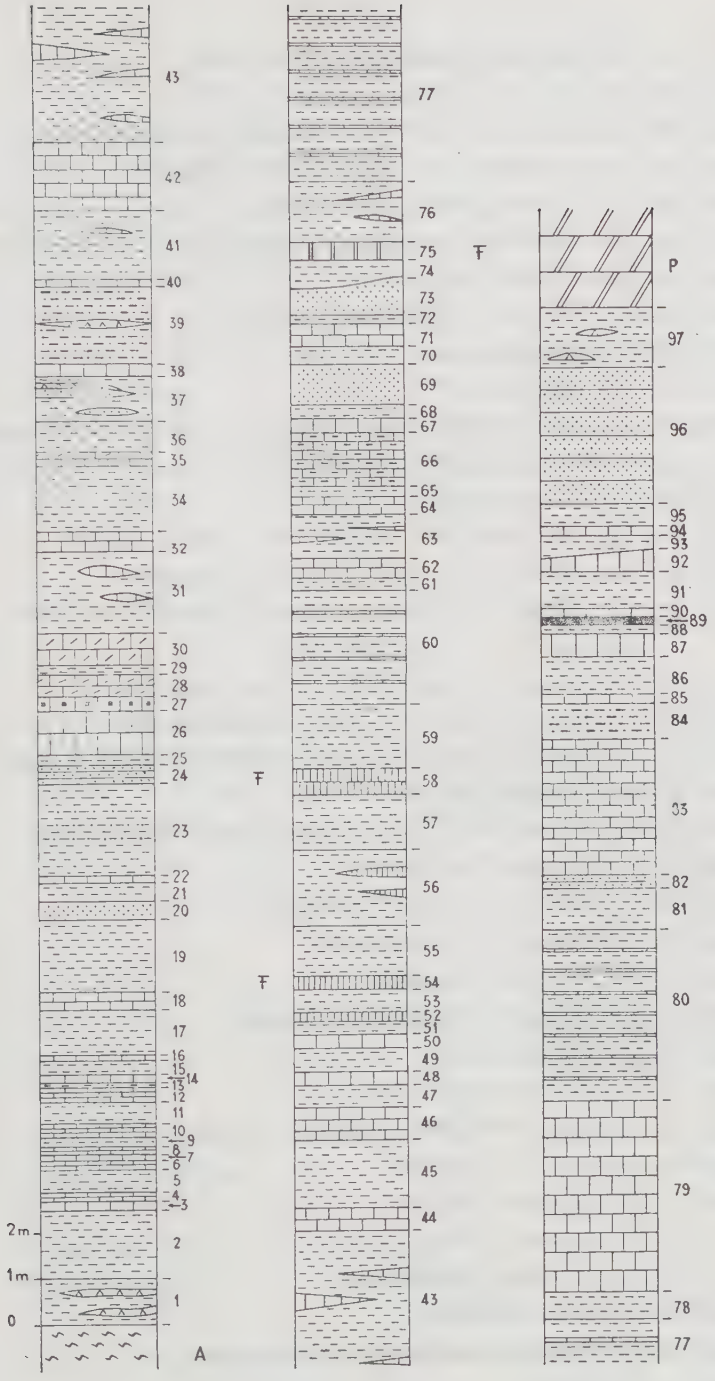


Fig. 20.—Coupe du Trias du puerto de Boyar. (Les numéros renvoient au texte.)

61. 0,25 m. de marnes légèrement schisteuses.
62. 0,40 m. de dolomies noires à patine jaune.
63. 1,00 m. de marnes vertes avec lentilles dolomitiques.
64. 0,40 m. de calcaires dolomitiques en plaquettes.
65. 0,20 m. de marnes grises schisteuses.
66. 1,20 m. de calcaires et marno-calcaires en plaquettes.
67. 0,30 m. de calcaires gris bleu.
68. 0,25 m. de grès fin, légèrement micacé.
69. 1,00 m. d'argiles vertes.
70. 0,40 m. d'argiles noires et vertes.
71. 0,50 m. de calcaires bleus à gris foncé, à débris de tests de Lamellibranches et de Gastéropodes.
72. 0,20 m. de marnes vertes.
73. 0 à 1,10 m. de grès fins micacés, de couleur claire.
74. 0,35 m. de marnes et marnes gréseuses sombres.
75. 0,40 m. de calcaire gris bleu à tests de Lamellibranches et de Gastéropodes.
76. 1,30 m. de marnes vertes avec lentilles calcaires.
77. 5,00 m. d'argiles vertes avec bancs de dolomies de 20 cm.
78. 0,60 m. de marnes vertes avec petits bancs dolomitiques.
79. 4,20 m. de dolomie massive.
80. 3,80 m. d'alternance de bancs marneux et dolomitiques.
81. 0,80 m. de marnes bleues.
82. 0,30 m. de grès lités, fins et micacés.
83. 3,00 m. de dolomie en plaquettes.
84. 0,80 m. de marnes gréseuses.
85. 0,20 m. de calcaire dolomitique sombre.
86. 0,80 m. de marnes vertes.
87. 0,50 m. de dolomie massive.
88. 0,15 m. d'argiles bariolées rouges et vertes.
89. 0,20 m., niveau de charbon.
90. 0,20 m. de dolomies grises.
91. 0,80 m. de marnes vertes.
92. 0,50 m. de dolomie (lenticulaire).
93. 0,30 m. d'argiles bariolées.
94. 0,15 m. de dolomie sombre à patine jaune.
95. 0,40 m. d'argiles.
96. 2,00 à 4,00 m. de grès blancs micacés.
97. 1,00 m. d'argiles bariolées avec petites lentilles de dolomie.

Cette coupe comprend donc trois ensembles lithologiques :

— une série argileuse, qui débute par des argiles vertes associées à un peu de gypse, et qui se poursuit par une alternance de niveaux argileux et de niveaux dolomitiques à patine jaune, en petits bancs, comprenant en outre de rares passées gréseuses ;
— une série argilo-dolomitique avec des bancs dolomitiques plus épais et plus nombreux, ainsi que des niveaux calcaires à Lamellibranches, Gastéropodes et Nautiles. Cette série se marque dans la morphologie par un petit relief ;
— un ensemble argileux avec quelques bancs de dolomie, mais où apparaissent des niveaux de grès fins micacés. Ces bancs, en général lenticulaires, peuvent atteindre plusieurs mètres d'épaisseur.

V. Les faunes

Par suite des grandes compressions qu'ils ont subies, les affleurements de Trias de la province de Cadix sont le plus souvent très disloqués et les coupes sont très rares. Les affleurements sont généralement azoïques, toutefois, en quelques points privilégiés (fig. 21), le Trias a livré de rares faunes, qui permettent de préciser quelque peu la stratigraphie de cette formation.

a) Medina Sidonia.

Le long de la route de Medina Sidonia à Chiclana, dans le complexe marno-gypsifère, une faune a été décrite (M. Schmidt, 1936). Elle comporte :

Equisetites cf. *arenaceus* Jaeg.
Avicula gansingensis Alb.
Myophoria vestita Alb.
Myophoriopis keuperina Quenst.
Trypanostylus sp.

Cette association a été rapportée par M. Schmidt au Keuper moyen.

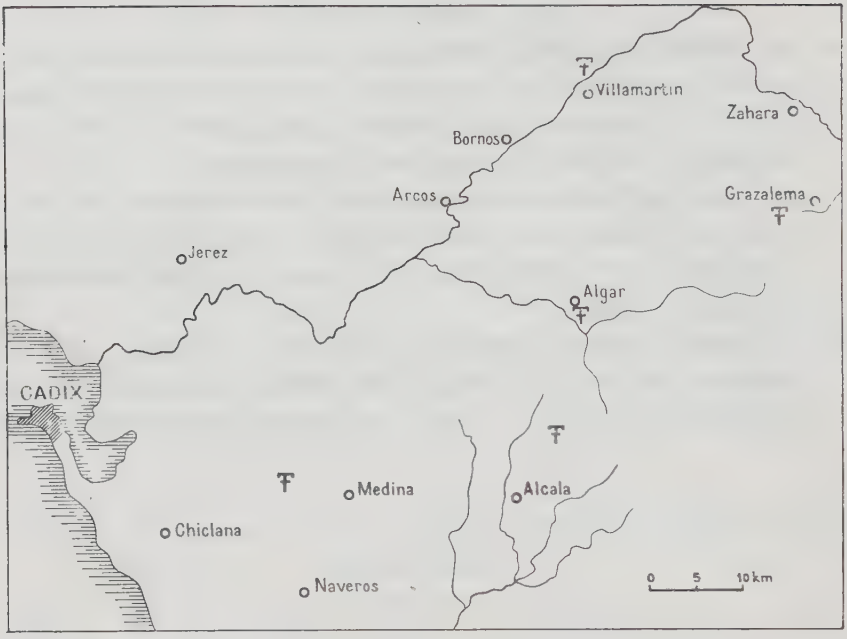


Fig. 21.—Localisation des principaux gisements fossilifères du Trias.

b) ALGAR.

Dans la carrière située à la sortie Sud du village d'Algar, les grès m'ont fourni des débris de végétaux qu'on peut rapporter à des Equisétales; GAVALA y a décrit *Equisetum* sp, et a attribué ces grès au Keuper.

c) VILLAMARTÍN.

J. GAVALA signale au Nord de Villamartín, dans des grès à Equisetum la faune suivante:

Lingula tenuissima BRON.
Myophoria laevigata GOLD.
Myophoria deltoidea GOLD.
Pecten laevigatus GOLD.

d'autres Lamellibranches et des Gastéropodes.

Dans cette même coupe, J. GAVALA, signale aussi la présence de calcaires

en plaquettes analogues à ceux qui affleurent au Sud de Paterna et contenant :

Myophoria vestita ALBERTI.
Gervillia praecursor QUENST.

Ces deux faunes appartiennent aussi au Keuper.

d) CROISEMENT DE LA ROUTE D'ALCALÁ AU PUERTO DE GALIZ ET DU CHEMIN DE LAS CABRAS (SUD DE LAS CABRAS).

Le petit massif calcaro-dolomitique, situé à l'Ouest du croisement, a fourni un exemplaire de Conodonte, déterminé par Mlle MAUVIER et qui est identique à

Spathognathodus sp. inc.

qui a été décrit au Cameroun (DIEBEL, 1956), dans un échantillon de collection, que l'on supposait être d'âge crétacé. Il ne fait pas de doute qu'il y a eu confusion sur l'âge de l'échantillon décrit et ce genre doit être rapporté au Trias. L'absence de faune déterminable (on ne voit que des débris de Lamellibranches et de Gastéropodes) ne permet pas d'en préciser la position stratigraphique.

e) PUERTO DE BOYAR.

A l' Ouest de Grazalema (feuille d'Ubrique), au Puerto de Boyar, dans la coupe décrite précédemment, plusieurs niveaux calcaires se sont révélés fossilifères. En particulier dans les niveaux 54, et surtout dans le niveau 58, les calcaires bleu sombre m'ont livré la faune suivante où Mme TERMIER a pu reconnaître.

— des Lamellibranches :

Nucula sp.
Myophoria cf. *kiliani* M. SCHMIDT.
Myoconcha sp.
Gervilleia costata SCHLOT.
G. goldfussi STROMBERG.
G. cf. *faberi* WINKLER.
Mytilus eduliformis SCHLOT.
Myalina aff. *blenzengeri* PHILIPPI, etc.

— des Gastéropodes :

cf. *Natica minima* ASSMAN.
Hologyra sp.
Zygopleura tenuis MÜNSTER.
Omphaloptycha cf. *waageni* KITTL.
des Neritidae, etc.

— deux exemplaires de Céphalodes (Nautiles) à rapporter au genre *Tainoceras*.

Les Lamellibranches et les Gastéropodes sont de très petite taille, évoquant une faune jeune d'herbier. Parmi les espèces les plus intéressantes au point de vue stratigraphique, notons *Gervilleia costata*, connue du Werfénien au Muschelkalk, *G. goldfussi* du Trias moyen, *Myophoria kiliani* et

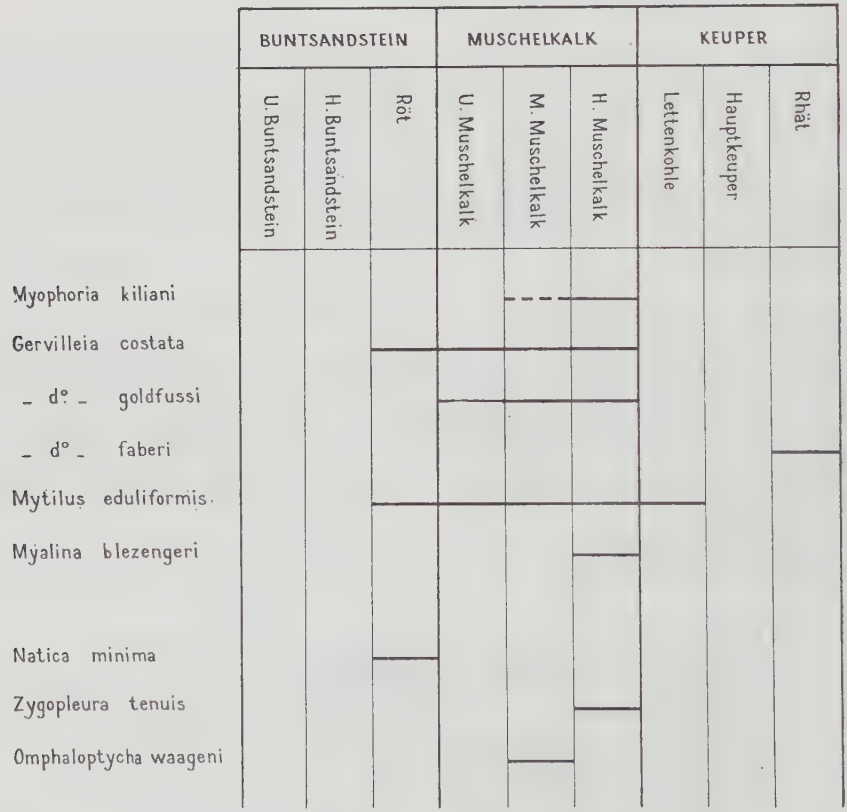


Tableau 2.—Répartition stratigraphique selon les données de M. Schmidt, des différentes espèces de Lamellibranches et de Gasterópodes du Trias du Puerto de Boyar.

Myalina blezengeri qui ne semblent exister qu'au Muschelkalk supérieur. Cette association semble indiquer que ces niveaux appartiennent au Muschelkalk supérieur.

Les Céphalopodes sont très rares, dans le Sud de l'Espagne. Il est intéressant de noter qu'il s'agit de Nautiles ornés du genre *Tainoceras*. En effet, les espèces décrites jusqu'à présent n'ont été signalées que dans le Permien et une seule forme est connue dans le Carnien des Alpes (KUMMEL, 1953). Il s'agit de *Trematodiscus* (*Tainoceras*) *klispsteini* décrite en 1882 par MOJSISOVICS.

f) CONCLUSION.

Ainsi, dans le complexe triasique à faciès germanique de la province de Cadix, peut-on mettre en évidence la présence du Keuper et du Muschelkalk. Le Keuper correspondrait aux niveaux marno-gypsifères et gréseux et se terminerait par des calcaires dolomitiques sombres. Le Muschelkalk comprendrait des niveaux principalement calcaro-dolomitiques en petits bancs alternant avec des argiles, certains de ces niveaux étant constitués par des lumachelles. On ne peut cependant pas exclure l'existence de Trias inférieur dans le "complexe triasique".

VI. Conclusions stratigraphiques

De l'étude des coupes qui ont été données plus haut et de celle des niveaux fossilifères, on peut tenter de reconstituer la série stratigraphique du Trias des zones externes de la province de Cadix.

Les trois premières coupes semblent appartenir au même ensemble. C'est dans des niveaux analogues qu'ont été trouvées les faunes de Medina Sidonia, de Villamartín, d'Algar et du Sud de Las Cabras. Ainsi, cet ensemble de faciès, gypse, argile, dolomies, et grès correspondrait au Keuper.

La coupe du Puerto de Boyar semble plus complète, et nous avons vu qu'on pouvait distinguer trois ensembles lithologiques. La série supérieure offre beaucoup d'analogies avec les autres coupes décrites plus à l'Ouest. Bien qu'elle n'ait livré que peu de faune, et en raison des faciès de ses termes (gypse, grès, dolomie, argile), on peut en assimiler la plus grande partie au Keuper.

La série moyenne pose moins de difficultés, car la présence des faunes du Muschelkalk permet de la dater avec plus de précision.

La série inférieure, avec des faciès argilo-gypseux et dolomitiques n'a pas, elle non plus, livré de faune. S'agit-il de niveaux du Muschelkalk inférieur ou de couches appartenant au Trias inférieur, la question reste posée.

De cette étude, il résulte que, dans le Trias marno-gypsifère de la province de Cadix, on peut dater avec grande vraisemblance le Muschelkalk et le Keuper. Le Keuper est sans doute très constant et forme la plus grande partie des affleurements du Trias de l'Ouest et du centre de la province de Cadix (2). Le Muschelkalk n'a été mis en évidence qu'au Puerto de

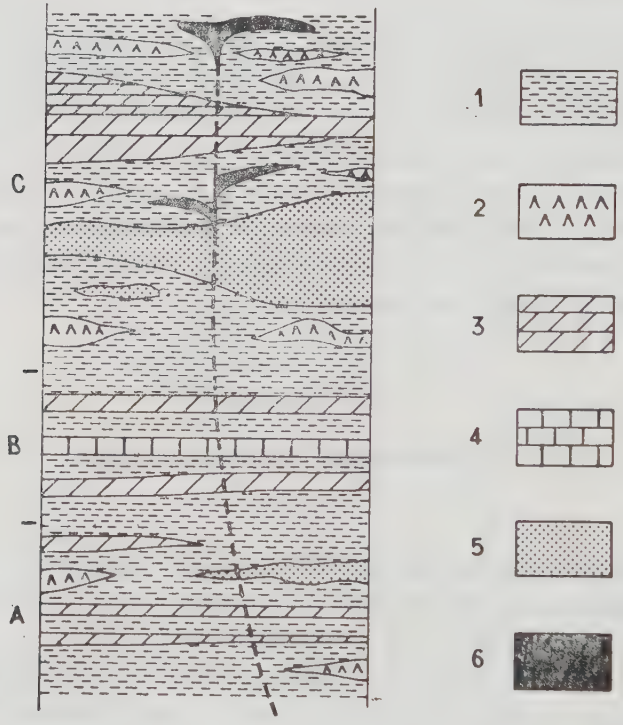


Fig. 22.—Reconstitution de la série stratigraphique probable du Trias à faciès germanique de la province de Cadix.

1 : Argiles et marnes ; 2 : Gypse ; 3 : Dolomies ; 4 : Calcaires ; 5 : Grès ; 6 : Ophites. A : Keuper ; B : Muschelkalk ; C : Trias inférieur ?

(2) La coupe du Trias du Puerto de Boyar, n'appartient sans doute pas au Subbétique, mais se rattache plutôt aux écailles du corridor de Boyar, qui ont une origine plus méridionale (Sud du Pénibétique). Toutefois les caractères de ce Trias ont beau-

Boyar, mais il semble bien que les calcaires gris-bleu à débris de Lamellibranches et de Gastéropodes de la région d'Ubrique (route en construction d'Ubrique à Algar) soient aussi du même âge. Quant au Trias inférieur, en l'absence de faunes il est difficile de se prononcer sur l'appartenance à ces niveaux des termes inférieurs de la coupe du Puerto de Boyar.

Si l'on veut essayer de représenter la série stratigraphique du Trias marno-gypsifère, en fonction des éléments décrits ci-dessus, on arrive au schéma suivant (fig. 22).

A la base, une série argileuse avec gypse et bancs dolomitiques et avec rares lentilles de grès (Trias inférieur ou Muschelkalk inférieur?). Au-dessus un grand ensemble argilo-dolomitique avec bancs de calcaires à lumachelles (Muschelkalk). Enfin dans la partie supérieure, un ensemble argilo-gypseux avec des niveaux importants de dolomie et de grès, dans lesquels ou à la surface desquels se sont épanchées les "ophites" (Keuper).

---

coup d'analogie avec le Trias subbétique, ces unités appartiennent toutes deux au domaine des zones externes (zone où le Trias possède le faciès germanique).

Chapitre IV

LE JURASSIQUE SUBBÉTIQUE

I. Introduction

A la sédimentation lagunaire et détritique du Trias, fait suite une épaisse série carbonatée, qui joue un rôle important dans l'orographie de la région. Cette série, dolomitique à la base, se poursuit par des niveaux essentiellement calcaires. En effet, dans les faciès du Jurassique subbétique de la zone cartographiée, on ne trouve pratiquement pas de niveaux marneux importants, tels que ceux qui ont été décrits plus à l'Est. Les marnes ne se rencontrent que sous forme de joints de stratification entre les bancs calcaires, et leur épaisseur est toujours très réduite. Cependant, il faut insister sur le fait que ces calcaires sont généralement argileux.

La sédimentation carbonatée semble s'être poursuivie sans grande modification et d'une manière continue du Lias au Jurassique supérieur. Toutefois, cette série jurassique est toujours décollée et souvent rabotée sur son substratum triasique, dont elle constitue la suite stratigraphique.

En dehors de l'arc de las Cabras, les affleurements de Jurassique sont très disloqués et souvent éloignés les uns des autres. Cette remarque s'applique d'ailleurs aux autres séries stratigraphiques du Nord de la province de Cadix.

Les principaux massifs jurassiques sont concentrés sur la feuille d'Algar au 50.000. L'arc de las Cabras et ses massifs annexes (Sierra del Valle, Sierra de Dos Hermanas...), en constituent la plus grande partie. Au Sud et à l'Est, le Jurassique affleure rarement et les affleurements sont alors de taille modeste. Certains ont même disparu complètement par suite de leur exploitation. En effet, un des grands problèmes des villes côtières, outre le problème de l'eau, est celui de trouver des matériaux de construction et

Fig. 23.—Répartition des affleurements de Jurassique de la zone cartographiée.

En noir: Lias dolomitique; en barré léger oblique: Lias supérieur à Oxfordien; en barré épais horizontal: Kimméridgien et Tithonique.

d'empierrement. Actuellement, on ouvre une carrière dans la Sierra del Valle, pour Cadix et la base de Rota, c'est-à-dire, à plus de soixante kilomètres de ses points d'utilisation.

II. Les affleurements

A. Coupe de las Cabras.

Le principal affleurement de Jurassique de la zone étudiée ici se situe sur la feuille d'Algar : c'est le massif de las Cabras. Il s'agit d'un chaînon courbé dont l'allure en plan évoque celle d'un croissant ; sa longueur est de

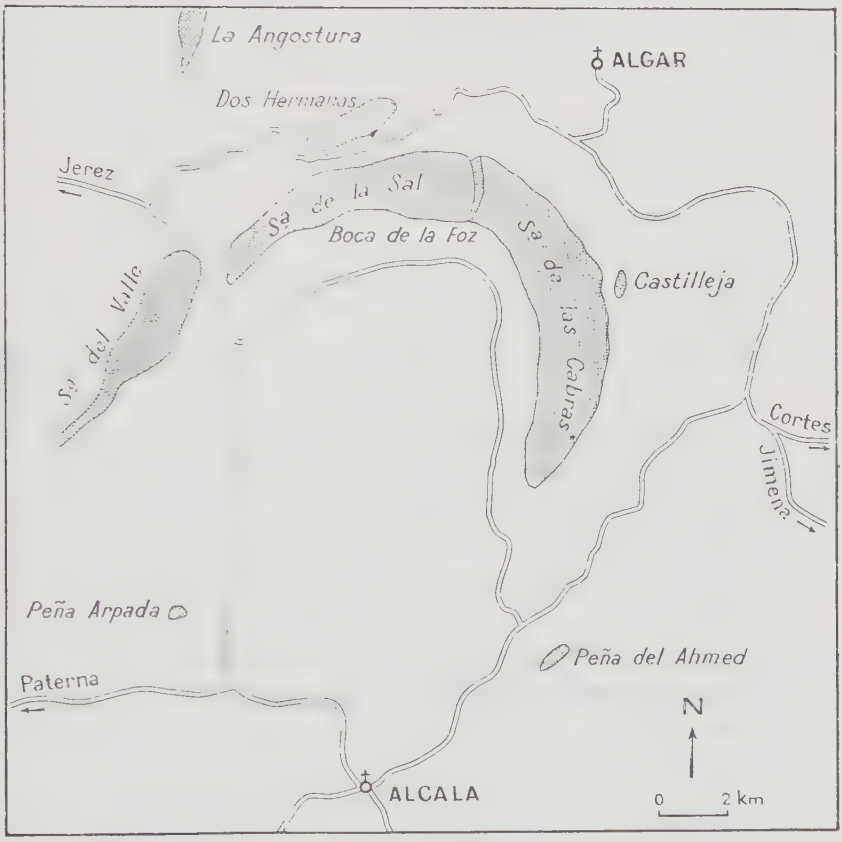


Fig. 24.—Localisation géographique des chaînons jurassiques de la feuille d'Algar.

l'ordre de dix kilomètres, et sa largeur maximale de un kilomètre seulement. Une des branches est orientée d'Ouest en Est, l'autre du Nord vers le Sud, la concavité étant dirigée vers le Sud-Ouest. La partie centrale, entaillée par l'érosion, présente une structure anticlinale. Cette cluse (La Boca de la Foz) permet de relever une bonne coupe de la série jurassique, des dolomies du Lias au coeur de l'anticlinal, aux calcaires marneux blancs du Néocomien, à la sortie des gorges.

1. DESCRIPTION (1).

La coupe a été effectuée d'Est en Ouest du Néocomien au Lias affleurant à la partie centrale de la cluse. La série d'abord peu inclinée à l'extérieur de l'arc, se redresse progressivement pour devenir subverticale au centre. Elle montre de bas en haut (fig. 25 *a* à *d*).

1. Des dolomies en bancs massifs.
2. Des calcaires grumeleux recristallisés, gris-rougeâtre (237) à :
   — Ostracodes.
   — Foraminifères agglutinants.
   — Débris de *Thaumatoporella* sp.
3. Des dolomies massives.
4. Des calcaires graveleux gris (238) à :
   — *Thaumatoporella* sp.
5. Des dolomies en bancs massifs.
6. Des calcaires grumeleux gris passant à des calcaires oolitiques (241) à :
   — Ostracodes et Lituolidés.
7. Des dolomies en bancs massifs.
8. Des calcaires argileux gris (245) à :
   — Lituolidés indét.
   — Ptéropodes (*Aeolissacus*).
   — Ostracodes.
9. Des calcaires sublithographiques beiges (2513) à :
   — Grands Lamellibranches du genre *Opisoma* ?
   — *Aeolissacus*.
   — Lituolidés.

---

(1) Je sais infiniment gré à M. DURAND-DELGA, pour toute l'aide et la patience qu'il m'a témoignées dans l'étude des niveaux du Jurassique et du Crétacé inférieur, dont il a vu ou revu la plupart des lames minces.

— *Tetrataxis*.
— Ostracodes.
— *Thaumatoporella* sp.
— *Cayeuxia* sp.

10. Des calcaires dolomitiques.

11. Des calcaires esquilleux rougeâtres à nombreux restes d'organismes recristallisés.

12. Des calcaires graveleux rouges ou gris (2514) à :
— *Lituosepta* sp.
— Trochamminidae.
— Frondiculaires.
— *Aeolissacus*.
— *Cayeuxia* sp.

13. Des calcaires argileux roses, à patine noire et nodules de calcite recristallisée (2515) à :
— *Lituosepta* sp.
— Trochamminidae.
— Textulariidae.
— Ostracodes.
— *Aeolissacus*.
— Débris de Lamellibranches.

14. Des calcaires argileux presque entièrement dolomitisés.

15. Des calcaires graveleux bruns à oolites (2517), à quartz détritique et *Glomospira*.

16. Des calcaires grumeleux et graveleux gris (2518) à :
— *Lituosepta* sp.
— *Aeolissacus*.
— Ostracodes.
— Débris de Gastéropodes.
— Débris d'Echinodermes.
— *Thaumatoporella* sp.

17. Des calcaires graveleux passant à des calcaires argileux et grumeleux beiges (2519) à :
— Débris de Pernidés.
— Valvulinidés.
— *Lituosepta* sp.
— Ostracodes.
— Aeolissacus.

18. Des calcaires grumeleux (2520) renfermant de petits quartz détritiques.

— De fins "filaments" (sections de Lamellibranches pélagiques).

— Des débris d'Echinodermes.

— Des petits Ostracodes.

19. Des calcaires argileux presque entièrement dolomitisés.

20. Des calcaires oolitiques roses, passant à des calcaires pseudo-oolitiques (2522) à :

— Lituolidés.

— *Glomospira.*

— Frondiculaires.

— Débris de Pernidés.

21. Des calcaires fins de couleur grise (2523), à petits quartz détritiques avec des débris d'Algues et de Lamellibranches.

22. Des calcaires fins, gris-clair, à petits quartz (2524) et :

— Lituolidés.

— Ostracodes.

— Débris de Lamellibranches.

23. Un banc dolomitique.

24. Des calcaires argileux en partie recristallisés (2526) à :

— Lituolidés.

— *Glomospira.*

— Débris d'Echinodermes.

— Débris de Lamellibranches à test prismatique, en partie silicifié.

25. Des calcaires sublithographiques gris (2527) à nombreux Ostracodes.

26. Des calcaires sublithographiques rougeâtres (2528) à :

— Ostracodes.

— *Paleodasycladus* sp.

27. Des calcaires sublithographiques gris foncé, à nombreux petits grains de quartz et Ostracodes (2529).

28. Des calcaires cristallins beiges en voie de dolomitisation (2530), renfermant de petits grains de quartz.

29. Des calcaires sublithographiques ocres à silex (2531) et :

— Ostracodes.

— Fins tests de Lamellibranches.

30. Calcaire argileux gris-verdâtre à grands tests de Lamellibranches (2532) et :

— Lituolidés.
— Ostracodes.

31. Calcaire graveleux ocre (2533) à :
— Gastéropodes.
— Tests de Pernidés.
— Débris d'Echinodermes.
— Débris de Dasycladacées.

32. Calcaires grisâtres, argileux ou noduleux, à tests de Lamellibranches.

33. Calcaire graveleux et à débris organiques (2534) renfermant des :
— Nodosariés.
— Bryozoaires.
— Gastéropodes.
— Sections d'encrines.

34. Des calcaires oolitiques à débris organiques de teinte rougeâtre (2535) renfermant des Lagénidés parmi lesquels :
— Lenticulines.
— Frondiculaires.
— Nodosariés très nombreux.

35. Des calcaires oolitiques, à joints stylolithiques, et à ciment ferrugineux (2546) contenant :
— Divers Lagénidés dont des Lenticulines.
— Débris d'Echinodermes.
— Tests de Lamellibranches.
— Gastéropodes.

36. Calcaire finement grumeleux avec un peu de quartz, quelques micas et renfermant (2537 et 2538) des
— Lagénides dont des Lenticulines.
— Débris de Brachiopodes.
— Débris de Lamellibranches.
— Débris d'Echinodermes.

37. Calcaire argileux jaunâtre, à débris de quartz (2539) contenant des
— Lagénidés dont des Lenticulines.
— *Glomospira*.
— Sections de pièces brachiales d'Ophiures.
— Sections de Lamellibranches et de Gastéropodes.

38. Calcaire argileux, ocre, en voie de dolomitisation (2540) à :
— Lagénidés.
— Débris de Pernidés.

— Ostracodes.
— "Filaments".

39. Calcaire argileux passant à un calcaire sublithographique, en voie de dolomitisation, à petits quartz de couleur ocre (2541) avec des :
— "Filaments".
— Débris d'Echinodermes.
— Débris de Pernidés.
— Lagénidés dont des Lenticulines.

40. Calcaire sublithographique avec passées grumeleuses de couleur beige ou grise (2542) à :
— Débris d'Echinodermes.
— Ostracodes.
— Spicules d'éponges.
— Gastéropodes.

41. Calcaire grumeleux beige ou gris en partie recristallisé, riche en débris d'Echinodermes (2544 et 2543).

42. Calcaire sublithographique gris à passées beiges (2545) contenant :
— De petits "filaments".
— Des spicules d'éponges.
— *Globochaete* sp.

43. Calcaire grumeleux et glauconieux, gris sombre (2546) à
— "Filaments".
— Débris d'Echinodermes.

44. Calcaire sublithographique gris clair (2547) à :
— "Filaments".
— Ostracodes.
— Radiolaires.
— Spicules d'éponges.

45. Calcaire grumeleux et glauconieux grisâtre (2548) à :
— Courts "filaments".
— Débris d'Echinodermes.

46. Calcaire fin, grisâtre, à "filaments" (2549).

47. Calcaire argileux et glauconieux grisâtre (2550), à "filaments", débris d'Echinodermes et :
— Perisphinctes (*Dichotomosphinctes* gr. *antecedens* (SALF.) de zone à *P. plicatilis*, c'est à dire Oxfordien moyen ("Argovien"
— Sections d'Ammonites.

48. Calcaire argileux gris clair (2551) à :
— *Globochaete* sp.

— Débris d'Echinodermes.
— Débris de "filaments".

49. Calcaire argileux beige, à "filaments" et débris d'Echinodermes (2552).

50. Calcaire fin, en partie microcristallin, à nombreuses paillettes de mica (muscovite) (2553) à :
— Très nombreux "filaments".
— *Globochaete*, sp.
— Débris d'Echinodermes.

51. Calcaire argileux, en partie recristallisé (2554) avec des :
— Grands "filaments" recristallisés.
— Débris d'Echinodermes.
— Ostracodes.

52. Calcaire à grain fin, en partie recristallisé (2555), renfermant des :
— Grands "filaments".
— *Globochaete alpina*.
— Lagénidés (dont des Lenticulines).
— Débris d'Echinodermes.

53. Calcaire argileux (2556) gris à ocre, à :
— Très nombreuses "Protoglobigérines".
— Lenticulines.
— Radiolaires.
— *Globochaete alpina*.
— Sections d'Ammonites.

Ce microfaciès évoque l'"Argovien".

54. Calcaire noduleux ocre, à nombreuses veines de calcite (2557) avec :
— Radiolaires.
— "Protoglobigérines".
— Spirillines.
— Ostracodes.

55. Calcaire noduleux gris (2558) à :
— Radiolaires.
— Petits et rares Saccocomidae.
— *Globochaete alpina*.
— "Protoglobigérines".
— Ostracodes.

56. Calcaire argileux à veines ferrugineuses (2559) à :
— Radiolaires.

— *Globochaete alpina.*
— Petits Saccocomidae.
— "Protoglobigérines".
— "Filaments".
— Sections d'Ammonites.

57. Calcaire argileux (2560), à taches ocres, contenant :
— Saccocomidae, très nombreux.
— *Globochaete alpina,* très fréquents.
— Quelques Ostracodes.

Cette association semble caractéristique du Kimmeridgien (il en est de même jusqu'au niveau 63).

58. Calcaires à grain fin, en bancs de 40 à 50 cm. (2561), de teinte grise, à veines et taches rougeâtres, avec :
— Radiolaires.
— *Globochaete alpina.*
— *Stomiosphaera minutissima.*
— Saccocomidae.
— Ostracodes.
— Débris d'Aptychus.

59. Calcaires argileux gris-blanc, à taches ocres (2563 et 2562) à
— Nombreux Radiolaires.
— Saccocomidae.
— *Globochaete alpina.*

60. Calcaires argileux gris clair, passant à un calcaire organogène et à petits débris de quartz (2564) avec :
— *Globochaete alpina.*
— Saccocomidae.

61. Calcaire gris clair, sublithographiques (2565), à nombreux débris de quartz et :
— Radiolaires.
— Saccocomidae.
— *Globochaete alpina.*
— *Stomiosphaera minutissima.*

62. Calcaire fin, gris clair (2566) à :
— *Globochaete alpina* très fréquents.
— Saccocomidae très nombreux.

63. Calcaires sublithographiques gris (2567), à cassure esquilleuse, à petites géodes de calcite et petits grains de quartz, contenant :
— Radiolaires.

— Saccocomidae.
— *Globochaete alpina.*

64. Calcaires argileux passant à calcaires noduleux (2569) à :
— Radiolaires.
— "Filaments".
— *Globochaete alpina.*
— *Stomiosphaera minutissima.*
— Ostracodes.

65. Quelques mètres où l'on ne voit rien.

66. Des calcaires argileux (268) à :
— *Calpionella alpina.*
— *C.* (*Crassicollaria*) *intermedia.*
— *Tintinnopsella* sp.
— Radiolaires.
— Ostracodes.

Ces calcaires butent contre une faille verticale, qui redouble la série; au-delà on retrouve les calcaires kimmeridgiens :

67. Des calcaires argileux (269) à :
— Radiolaires.
— Gros *Globochaete.*
— Grands Saccocomidae.
— "Filaments".
— Petits Ostracodes.

68. Des calcaires argileux (271) à :
— Radiolaires.
— Nombreux Saccocomidae.

69. Des calcaires fins (2570) à :
— Radiolaires.
— *Globochaete alpina.*
— Saccocomidae.
— *Stomiosphaera minutissima.*

70. Des calcaires fins (2571) à petits grains de quartz renfermant :
— Saccocomidae.
— *Globochaete alpina.*

71. Des calcaires fins, argileux, gris clair (2572), renfermant :
— Saccocomidae.
— *Globochaete alpina.*
— *Calpionella* sp.
— Radiolaires.

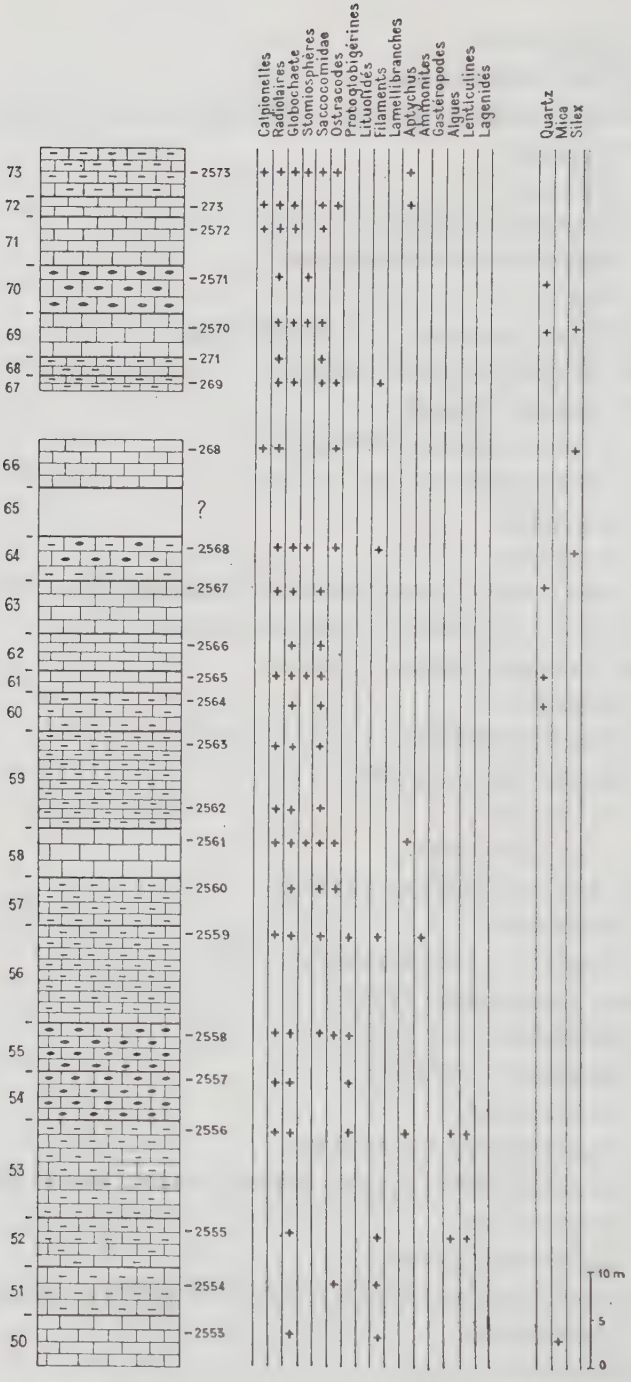


Fig. 25 *a*.—Série stratigraphique du Jurassique de las Cabras. (Les numéros renvoient au texte.)

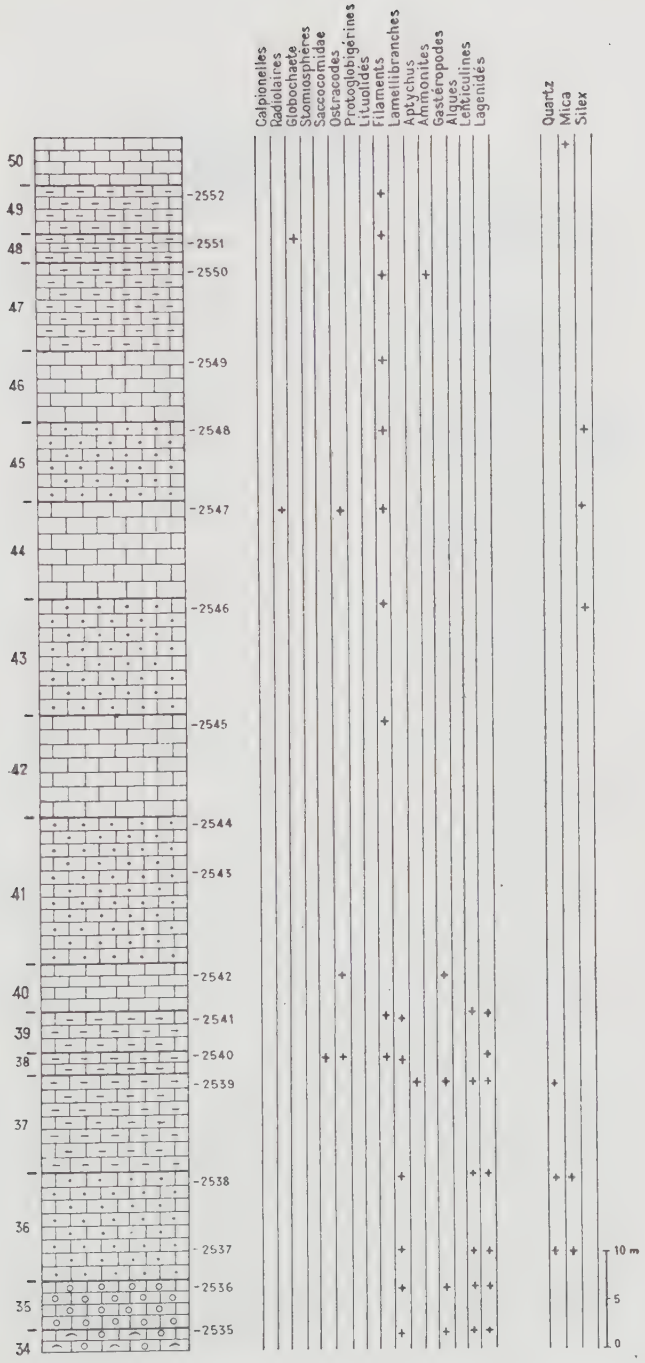


Fig. 25 *b*.—Série stratigraphique du Jurassique de las Cabras. (Les numéros renvoient au texte.)

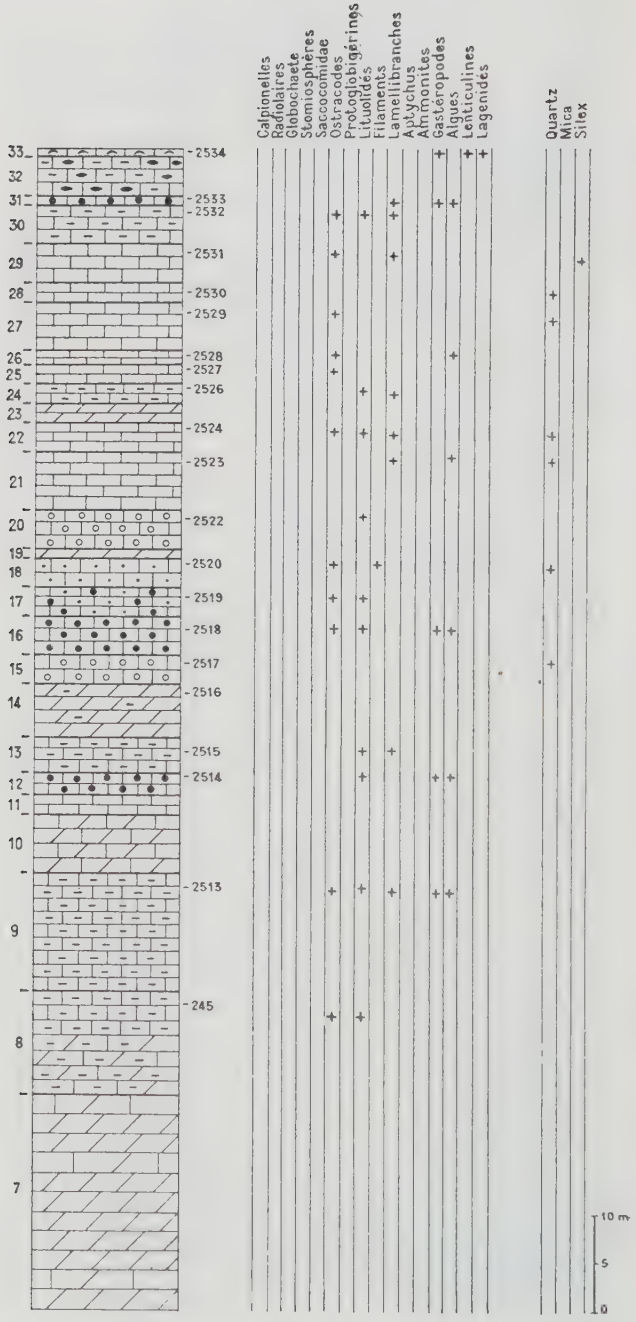


Fig. 25 *c*.—Série stratigraphique du Jurassique de las Cabras. (Les numéros renvoient au texte.)

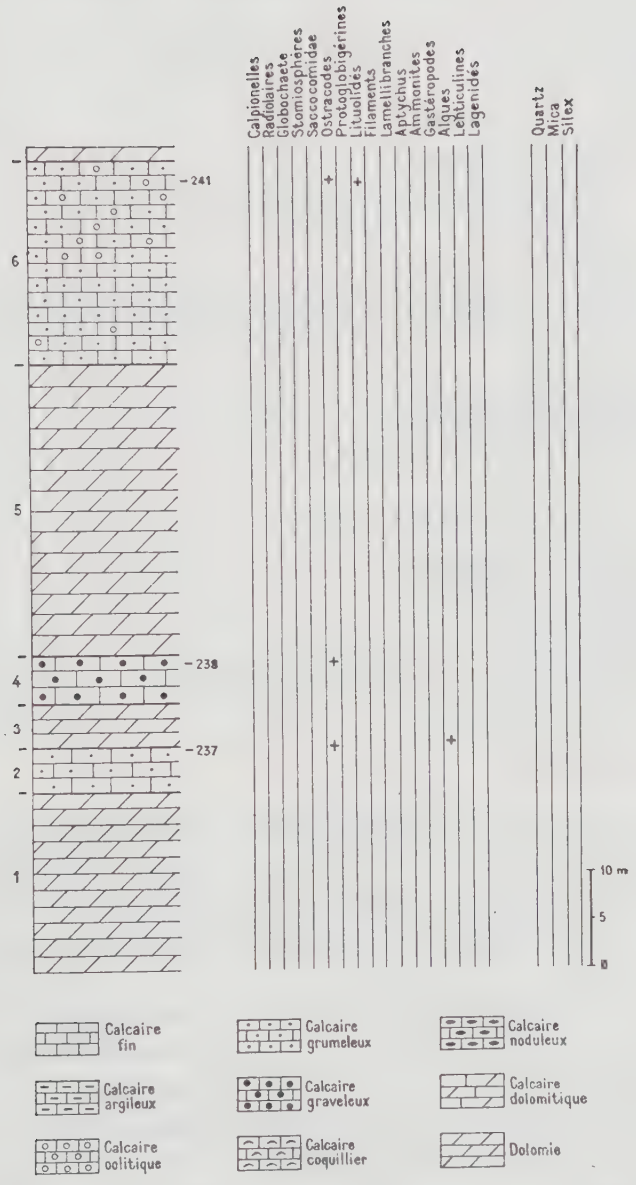


Fig. 25 *d*.—Série stratigraphique du Jurassique de las Cabras. (Les numéros renvoient au texte.)

72. Des calcaires sublithographiques en bancs de 50 cm., de couleur gris clair légèrement ocre, tachetés de pigments ferrugineux et dans lesquels (273) on trouve :

— Radiolaires.
— Saccocomidae.
— *Globochaete alpina.*
— *Calpionella alpina.*
— *C.* (*Crasticollaria*) gr. *intermedia.*
— Ostracodes.
— Fragments d'Aptychus.

73. Des calcaires argileux en bancs de 30 a 40 cm., de couleur gris-clair (2573) à :

— Radiolaires.
— *Calpionella alpina.*
— *C.* (*Crassicollaria*) *intermedia.*
— Saccocomidae.
— *Stomiosphaera minutissima.*
— *Globochaete alpina.*
— Débris d'Aptychus.
— Ostracodes.

Cette faune appartient au Tithonique supérieur.

2. Conclusion.

La coupe de Las Cabras présente donc une série de calcaires assez peu variés, dans lesquels on ne trouve que peu de macrofaunes dégageables. Les microfaunes ne sont pas très abondantes non plus, mais elles permettent de se faire une certaine idée de la stratigraphie du Jurassique dans cette série, qui semble continue.

A la base, un ensemble de calcaires et de dolomies massives à grands Lamellibranches du genre *Opisoma* (?), à Lituolidés et à Algues (*Thaumatoporella, Paléodasycladus*), qu'on peut attribuer au Lias.

Le Jurassique moyen n'a pas été mis en évidence d'une manière certaine. On peut lui rapporter les niveaux à "filaments".

La partie supérieure de la coupe est beaucoup plus riche et permet de distinguer avec plus de certitude divers niveaux du Jurassique supérieur. Tout d'abord, on peut ranger dans l'Oxfordien les couches à *Perisphinctes antecedens* ainsi que les couches de calcaires noduleux à "Protoglobigérines".

Les niveaux qui leur font suite et qui renferment de très nombreux

Saccocomidae en association avec *Globochaete alpina* semblent caractéristiques du Kimmeridgien. Enfin, le Tithonique peut être daté par ses calcaires noduleux gris, riches en Calpionelles. Ces couches à Calpionelles se poursuivent et l'on passe d'une manière continue au Berriasien puis au Néocomien plus élevé.

B. Coupes à travers la Sierra del Valle.

Le chaînon de la Sierra del Valle a une orientation Nord-Sud et vient buter par faille contre l'arc de Las Cabras. Sa structure est assez complexe. Toutefois, on peut considérer que cette Sierra constitue un anticlinal avec un flanc occidental assez simple et un flanc oriental compliqué de failles verticales. Ce chaînon est, lui aussi, décollé sur le Trias marno-gypsifère.

1. Coupe du flanc occidental (fig. 26).

Cette coupe a été faite d'Ouest en Est dans le flanc occidental de la Sierra del Valle. Elle aboutit non loin du chemin des Baños de Gigonza ($x = 409{,}6$; $y = 222{,}4$). La coupe s'effectue dans des couches verticales, arasées par une surface datant probablement du Quaternaire ancien.

De bas en haut, on trouve contre des couches marno-gypsifères du Trias :

1. Des dolomies grises en bancs massifs, sur environ 200 m.
2. Un banc de calcaire oolitique.
3. Des dolomies grises en bancs assez massifs.
4. Des calcaires sublithographiques gris, esquilleux, en dalles burinées par l'érosion à :
   — Ostracodes.
   — *Globochaete*.
   — Coprolites de Crustacés (?).
5. Des calcaires graveleux à galets de calcaires argileux gris dans un ciment argileux vert pâle, en partie recristallisé (2357), à :
   — Radiolaires
   — Textulariidae.
   — Ophtalmidiidae.
   — Lituolidés indéterminés.
   — Ostracodes.

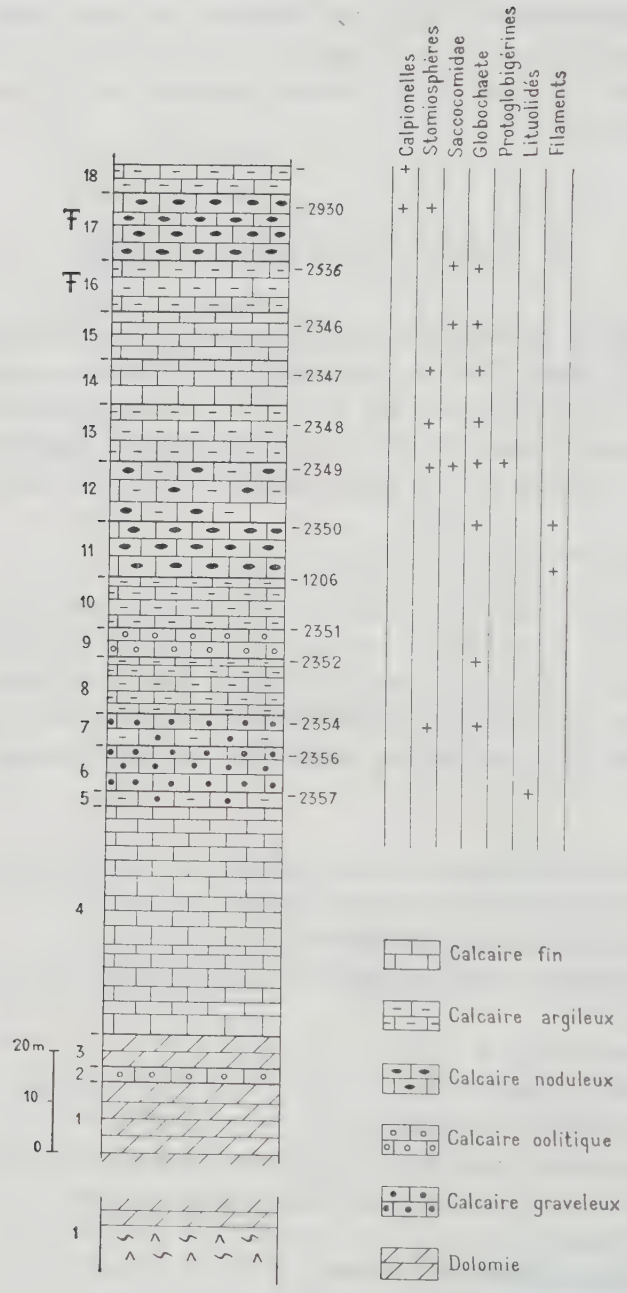


Fig. 26.—Série stratigraphique du Jurassique du flanc occidental de la Sierra del Valle.

(Les numéros renvoient au texte).

6. Des calcaires pseudo-oolitiques gris verdâtre (2356) à :
   — Frondiculaires.
   — Pièces brachiales doubles d'Ophiures.
   — Sections de Gastéropodes.
   — Sections d'Echinodermes.
7. Des calcaires graveleux beiges (2354) à :
   — *Stomiosphaera minutissima.*
   — *Globochaete* sp.
   — Spicules d'éponges.
   — Nodosariés.
   — Débris de Lamellibranches.
   — Ostracodes.
8. Des calcaires argileux gris à taches ocres (2352) avec :
   — *Globochaete* sp.
   — Ostracodes.
   — Spicules d'éponges.
9. Des calcaires oolitiques d'un blanc légèrement rosé à ciment de calcite recristallisée (2351), avec débris d'Echinodermes et de Gastéropodes.
10. Des calcaires argileux gris, chargés de glauconie (1206) à :
   — Bélemnites.
   — "Filaments".
11. Des calcaires noduleux gris (2350) à :
   — *Globochaete alpina.*
   — Lagénidés.
   — Ostracodes.
   — "Filaments".
   — Débris d'Aptychus.
12. Des calcaires légèrement noduleux gris (2349) à :
   — *Globochaete alpina.*
   — Saccocomidae.
   — "Protoglobigérines".
   — *Stomiosphaera minutissima.*
13. Des calcaires argileux gris-beige (2348) à :
   — *Globochaete alpina.*
   — *Stomiosphaera minutissima.*
   — Ostracodes.
14. Des calcaires sublithographiques beiges (2347) à :
   — *Globochaete alpina.*

— Saccocomidae.
— Rares "Protoglobigérines".

15. Des calcaires sublithographiques beiges (2346) à :
— Saccocomidae.
— *Globochaete alpina.*
— Radiolaires.

16. Des calcaires argileux gris (2536) à :
— *Haploceras elimatum* OPP. (2).
— *Parastreblites* cf. *circumnodosum* FONT.
— *Taramelliceras* sp.
— *Subplanites* aff. *subfrequens* UHLIG.
— *Sublithacoceras* sp. juv. ind.

17. Des calcaires argileux gris passant à des calcaires noduleux (2930) du Tithonique à :
— *Aulacosphinctoïdes* aff. *kachhensis* SPATH.
— *Aulacosphinctoïdes* sp.
— *Virgatosphinctes* cf. *indosphinctoïdes* SPATH.
— *Haploceras elimatum* OPP.

Et contenant en outre une microfaune à :
— *Calpionella alpina.*
— *C. elliptica.*
— *C.* (*Crassicollaria*) *intermedia.*
— *Stomiosphaera minutissima.*
— Radiolaires.

18. Des calcaires marneux blancs à Calpionelles du Crétacé inférieur.

Quelques dizaines de mètres plus au Nord, les couches du Jurassique supérieur ont fourni :

— *Taramelliceras pseudoflexuosum* (FAV.) du Kimmeridgien.

Le flanc occidental de la Sierra del Valle offre aussi une coupe complète du Jurassique. Les faciès sont comparables ; toutefois, il faut noter une plus grande masse de dolomie à la base de la coupe. Cette dolomitisation est probablement secondaire, car en lame mince, on voit très bien certains calcaires se charger progressivement de dolomite.

Le Lias est très épais, car il occupe la moitié du profil, des dolomies aux calcaires à Lituolidés (niveau 5). Le Dogger est probablement représenté

(2) Détermination de M. H. TINTANT.

par des calcaires à "filaments". Les couches à "Protoglobigérines" et les calcaires noduleux qui leur sont associés doivent correspondre à l'Oxfordien (s. l.). Le Kimmeridgien débute probablement avec les niveaux à Saccocomidae et le Tithonique est bien daté par les niveaux fossilifères à Ammonites et Calpionelles.

2. Coupe du flanc oriental de la Sierra del Valle.

Le flanc oriental de la Sierra del Valle est beaucoup moins développé longitudinalement ; il est aussi beaucoup plus complexe, car un jeu de failles redouble la série. L'érosion l'a beaucoup moins attaqué sur le flanc Ouest, si bien que ses reliefs dominent le village de San José del Valle.

Dans la partie Nord, un peu plus tranquille, on peut observer une coupe analogue à celle du flanc occidental. Elle se termine par des niveaux de cal-

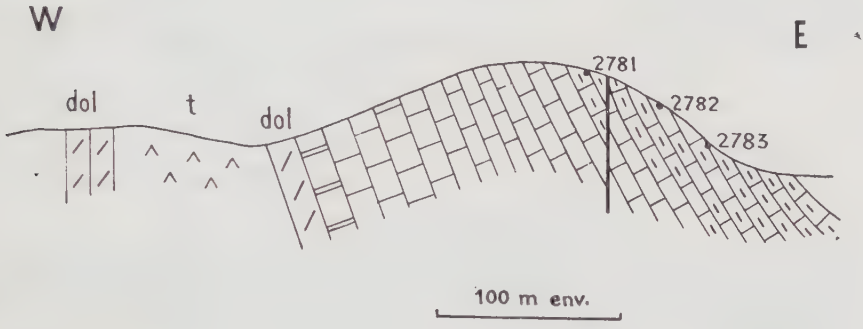


Fig. 27.—Coupe du Jurassique du flanc oriental de la Sierra del Valle.
(Les numéros renvoient au texte.)

caires argileux passant à des calcaires noduleux dans lesquels on peut reconnaître une faune du Tithonique supérieur (2781) à :

— *Calpionella alpina.*
— *C.* (*Crassicollaria*) *intermedia.*
— *Globochaete alpina.*
— Radiolaires.

Les calcaires noduleux sont en partie redoublés par une faille qui les met en contact avec des couches un peu plus anciennes (2782) à :

— *Sublithococeras* gr. *delicatulum* Donze et Enay du Tithonique inférieur.

La coupe se poursuit par des calcaires argileux du Tithonique supérieur-Berriasien (2783) à :

— *Calpionella alpina.*
— *C. undelloides.*
— *C. (Crassicollaria) intermedia.*
— *Tintinnopsella* gr. *carpathica.*
— *Globochaete alpina.*
— Ostracodes.

Puis se poursuit avec des niveaux marno-calcaires blancs du Crétacé inférieur franc.

C. Coupe de la Angostura

La cluse de la Angostura, qui recoupe un chaînon calcaire orienté Nord-Sud, s'étend sur les feuilles d'Algar et d'Arcos de la Frontera. Un barrage a été édifié dans cette gorge pour retenir les eaux du Río Majaceite (Embalse del Guadalcacín).

En aval du barrage, le long du canal de dérivation du Majaceite, on

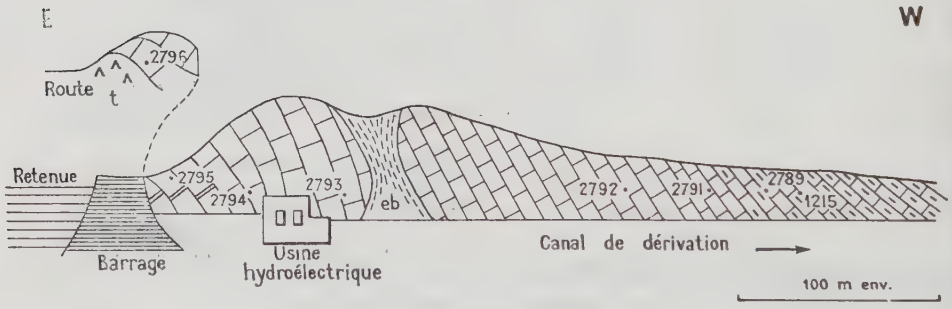


Fig. 28.—Coupe du Jurassique de la Angostura. (Les numéros renvoient au texte.)

peut suivre les strates d'une partie du Jurassique. D'Est en Ouest, on observe la succession suivante :

— Des calcaires dolomitisés.
— Des calcaires à grain fin, glauconieux (1796) à :
  — "Filaments".
  — Lenticulines.
— Des calcaires argileux à "filaments" (2795).
— Des calcaires argileux à :
  — Radiolaires.
  — "Protoglobigérines".

— Des calcaires argileux gris (2794) à :
— *Globochaete alpina.*
— Saccocomidae.
— *Stomiosphaera minutissima.*
— "Protoglobigérines".
— Lenticulines.

contenant en outre les Ammonites suivantes :
— *Nebrodites* cf. *agrigentinus* GEMM.
— *Aspidoceras* (*Physodoceras*) sp. *ind.*
— *Pachysphinctes* sp.
— *Haramelliceras compsum* (OPP.).
— *Soverbyceras* aff. *loryi* (FONT.)

et appartenant au Kimmeridgien.
— Des calcaires argileux gris (2793) à :
— *Globochaete alpina.*
— Saccocomidae.
— "Protoglobigérines".
— Des calcaires fins, de couleur beige (2792) à :
— *Globochaete alpina.*
— Saccocomidae.
— Radiolaires.
— Des calcaires gris fins et légèrement noduleux (2791) à :
— *Calpionella* (*Crassicollaria*) *parvula.*
— *C.* (*Crassicollaria*) sp.
— *C.* (*Crassicollaria*) gr. *intermedia.*
— Des Précalpionelles.
— *Stomiosphaera minutissima.*
— Saccocomidae.
— *Globochaete alpina.*

Il s'agit d'un niveau de l'extrême base du Tithonique supérieur.
— Des calcaires sublithographiques passant à des calcaires noduleux (2789) à :
— *Calpionella alpina.*
— *C.* (*Crassicolaria*) *parvula.*
— *Stomiosphaera* gr. *minutissima.*
— *Globochaete alpina.*

Du Tithonique élevé.
— Des calcaires argileux du Berriasien (1215) à :
— Petites *Calpionella alpina.*

— *C.* (*Crassicollaria*) *parvula.*
— *Calpionella elliptica.*
— *Tintinnopsella carpathica.*
— *Globochaete alpina.*
— *Nannoconus* sp.

Cette coupe donne une bonne succession des couches du Jurassique supérieur, et surtout permet de dater le Kimmeridgien avec des Ammonites.

D. Coupe du Cerro de la Castilleja

Le Cerro de la Castilleja est isolé au milieu du Trias, à l'Est de l'arc de la Sierra de las Cabras. Sa position tectonique est complexe: il s'agit sans doute d'une série renversée coincée dans le complexe triasique à l'avant de la nappe de l'Aljibe.

Sur un soubassement d'argiles bariolées et de gypse triasique reposent des couches subhorizontales, formées d'un calcaire marneux gris, surmon-

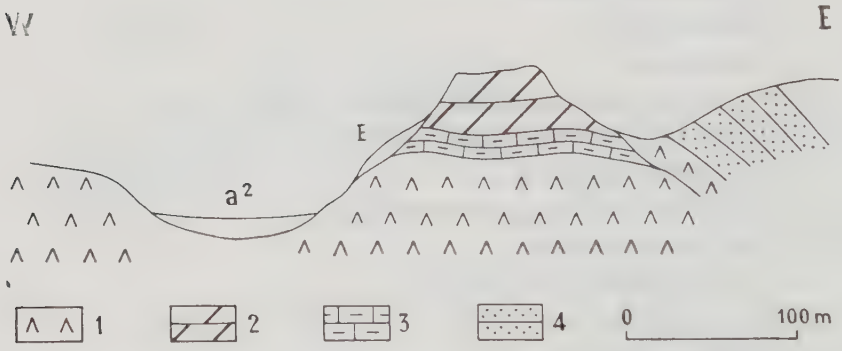


Fig. 29.—Coupe du Cerro de Castilleja.

1: Trias; 2: Dolomies liasiques; 3: Lias supérieur; 4: Grès triasiques.

tées à leur tour par des calcaires dolomitiques ruiniformes. L'un et l'autre de ces faciès se retrouvent dans la coupe de Las Cabras. Il faut signaler aussi, dans la partie Nord-Ouest, un petit copeau de Crétacé inférieur situé à la base de ce piton, et coincé entre le Trias et le Jurassique.

Les calcaires dolomitiques sont azoïques. Par contre les niveaux inférieurs ont livré une intéressante faune d'âge liasique. Ce sont des calcaires argileux fins, quelquefois cryptocristallins avec:

— Des Radiolaires très nombreux.
— Quelques "filaments".
— De rares *Globochaete* sp.,

et dans lesquels M. l'abbé MOUTERDE a pu déterminer la faune d'Ammonites suivantes :

— *Phylloceras* gr. *nilssoni* HEBERT.
— *Hammatoceras* sp.
— *Pseudogrammoceras* sp.
— *Pseudogrammoceras* aff. *subfallaciosum* BUCKM.
— *Pseudogrammoceras* gr. *fallaciosum* BAYTE.
— *Pseudogrammoceras tedicum* BUCKM.
— *Phlyseogrammoceras* sp. juv. (gr. *dispansum* LYCETT).

Toutes ces formes appartiennent au Toarcien. La plupart se trouvent dans la zone à Grammoceras toarcense ; seul le dernier échantillon pourrait appartenir à une zone plus élevée (zone à *Phlyseogrammoceras dispansum*).

L'étude de cette petite écaille subbétique coincée dans le Trias présente un grand intérêt, grâce à sa faune d'Ammonites. Toutefois il reste une certaine incertitude quant à son origine. Le Lias supérieur du Cerro de la Castilleja se trouve dans une position tectonique complexe, coincé dans le Trias, et on peut se demander si ce Jurassique fait partie de la série subbétique, ou bien s'il n'appartient pas à une série plus interne, dans ce cas il aurait pu être entraîné par la nappe du flysch de l'Aljibe.

E. Autres affleurements de Jurassique

En dehors de la Sierra de Dos Hermanas, les autres affleurements de Jurassique sont en général de petite taille et isolés les uns des autres.

1. SIERRA DE DOS HERMANAS.

Située au Nord de la Sierra de la Sal (arc de Las Cabras), ce chaînon présente une structure anticlinale, dont le coeur est faillé longitudinalement. On retrouve dans ses flancs la même série stratigraphique que dans les chaînons de Las Cabras et de la Sierra del Valle.

2. Sierra de Areyonosa.

La Sierra de Areyonosa se trouve au Nord-Est d'Algar (feuille d'Arcos de la Frontera). C'est un chaînon orienté Est-Ouest, à structure anticlinale mais dont seul le flanc nord est conservé.

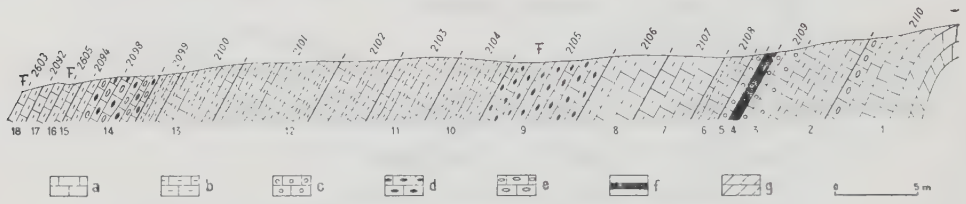


Fig. 30.—Coupe de la Sierra de Areyonosa.

a: Calcaire compact; *b*: Calcaire argileux; *c*: Calcaire à rognons de silex; *e*: Calcaire noduleux; *f*: Marnes; *g*: Dolomies. (Les numéros renvoient au texte.)

Du Sud vers le Nord, à partir de la charnière dolomitique, on observe la succession suivante (de bas en haut):

1. Des calcaires en bancs massifs à rognons de silex.
2. Des calcaires argileux.
3. Des calcaires oolitiques.
4. Un mince lit de marnes vertes avec petits galets calcaires argileux.
5. Des calcaires oolitiques et graveleux.
6. Des calcaires argileux à rares "filaments".
7. Des calcaires sublithographiques à rares "filaments".
8. Des calcaires argileux à très nombreux "filaments".
9. Des calcaires noduleux (2105) de l'Oxfordien moyen (Argovien) où M. H. Tintant a reconnu:
   — *Perisphinctes* (*Arisphinctes*) cf. *cotovui* Simonescu.
10. Des calcaires argileux (2104) à:
    — "Protoglobigérines".
    — *Globochaete*.
    — Radiolaires.
11. Des calcaires argileux à:
    — "Filaments".
    — Radiolaires.
12. Des calcaires argileux (2102) à:
    — *Globochaete alpina*.

— Saccocomidae.
— Ostracodes.
— Radiolaires.
— *Stomiosphaera minutissima.*

qui appartiennent probablement au Kimmeridgien.

13. Des calcaires argileux (2101) à :
— Radiolaires.
— Saccocomidae.
— *Globochaete alpina.*

14. Des calcaires argileux à rognons de silex (2098) à :
— Saccocomidae.
— Radiolaires.

15. Des calcaires argileux (2094) à :
— *Globochaete alpina.*
— Saccocomidae.
— *Stomiosphaera minutissima.*
— Radiolaires.

du Kimmeridgien.

16. Des calcaires argileux ou noduleux (2605) à :
— *Aulacosphinctoïdes* sp.
— *Berriasella* sp.

du Tithonique.

17. Des calcaires argileux du Tithonique supérieur (2092) à :
— *Calpionella alpina.*
— *Crassicollaria parvula.*
— *Calpionella* gr. *elliptica.*
— *Tintinnopsella* gr. *carpathica.*
— *Stomiosphaera minutissima.*
— *Globochaete alpina.*
— Radiolaires.

18. Des calcaires argileux (2603) à :
— *Virgatosphinctes* sp.

3. Peña del Ahmed.

C'est un petit affleurement de couches tabulaires de quelques centaines de mètres de long et d'une centaine de mètres de large. Il repose sur le Trias marno-gypsifère, en avant à la base de la nappe de l'Aljibe, au Nord-Est d'Alcalá de los Gazules.

Sous des couches de radiolarites rougeâtres finement litées, il existe des niveaux de calcaires massifs plus anciens. L'appartenance de cette série au Subbétique est assez douteuse, car les faciès sont bien différents de ceux observés par ailleurs.

4. La Peña Arpada.

La Peña Arpada se trouve au Nord-Ouest d'Alcalá de los Gazules. Ce petit piton jurassique de dimensions réduites a une position tectonique bien particulière. Au Sud-Ouest, il repose sur des marno-calcaires blancs à Aptychus du Crétacé inférieur. Au Nord-Ouest, il surmonte des "ophites" du Trias. Au Sud, il se trouve sur du Trias marno-gypsifère. Le tout repose sur les argiles de l'unité de Paterna.

Le Jurassique de la Peña Arpada est formé principalement de calcaires blancs, oolitiques ou à grain fin. Il a fourni une microfaune qui permet de le rattacher au Lias: *Globochaete* sp., *Thaumatoporella,* Textularidae...

5. Le Jurassique de la Graja.

Cet affleurement est situé au SW. d'Alcalá de los Gazules. Il repose lui aussi avec rabotage basal sur le Trias. Dans l'ensemble, les bancs sont formés de calcaires très blancs. La série comprend des termes allant du Lias au Jurassique supérieur et dans l'ordre stratigraphique normal. Les micro-organismes déterminés sont donnés dans le tableau 3.

6. Le Berrueco (de Cadix).

Objet d'une intense exploitation, le Berrueco (de Cadix) est complètement éventré, et il ne reste plus guère du Jurassique. Il semble cependant que ce petit massif ait montré une structure anticlinale faillée et que sa série stratigraphique ait renfermé des couches comprises entre le Lias supérieur et le Tithonique.

Mac-Pherson cite une grande abondance de Brachiopodes:

— *Rhynchonella suessi.*
— *R. spathica.*
— *R. striatoplicata.*
— *R. trilobata.*
— *Terebratula ebrodunensis.*
— *T. magadiformis.*
— *T. mitis.*
— *Zeilleria cataphracta.*

		Valvulinidae	*Textulariidae*	Lenticulines	Ptéropodes	Ostracodes	Aréna cés	Bryozoaires	Robulidés	Spicules d'Éponges	Gastéropodes	Articles d'Encrines	Radioles d'Oursins et plaques	Algues type Dasycladacées	Algues type *Thaumatoporella*	Nérinelles	Stromatopores ?	Trocholines	Lagénidés
236 *a*	Calc. argileux					+						++							
236 *c*	Calc. pseudo-oolithique																		
236 *d*	Calc. graveleux.....		++	+			+				++		+						
236 *e*	Calc. argileux	+	++		+														
236 *f*	Calc. pseudo-oolithique						+												
236 *g*	Calc. graveleux.....						++	+											
236 *h*	Calc. pseudo-oolithique																		
236 *i*	Calc. graveleux			+		+							+	+					
236 *j*	Calc. à spicules siliceux									++									
236 *k*	Calc. à débris.....		+	+		+			+				+	+	+				+

Tableau 3.—Microorganismes du Jurassique du Peñón de la Graja.

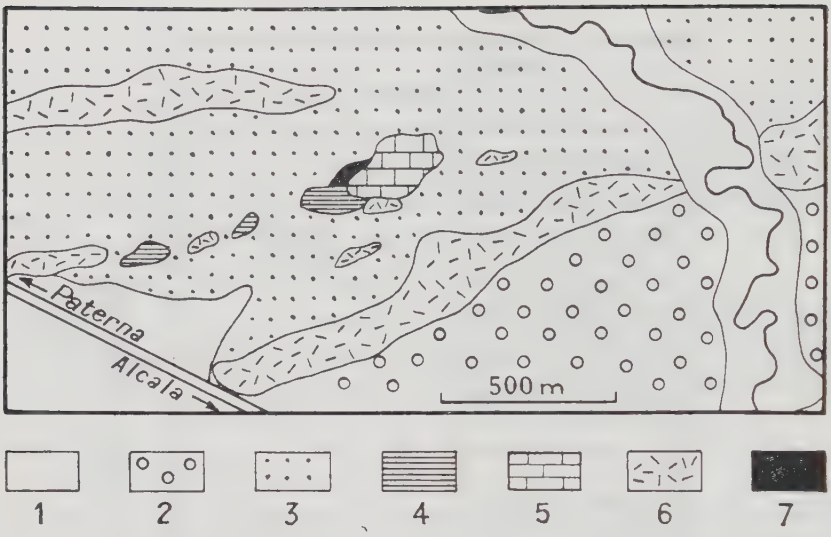


Fig. 31.—Carte géologique des environs de la Peña Arpada.

1 : Quaternaire ; 2 : Nappe de l'Aljibe ; 3 : Unité de Paterna ; 4 : Néocomien ; 5 : Jurassique moyen ; 6 : Trias ; 7 : Ophites.

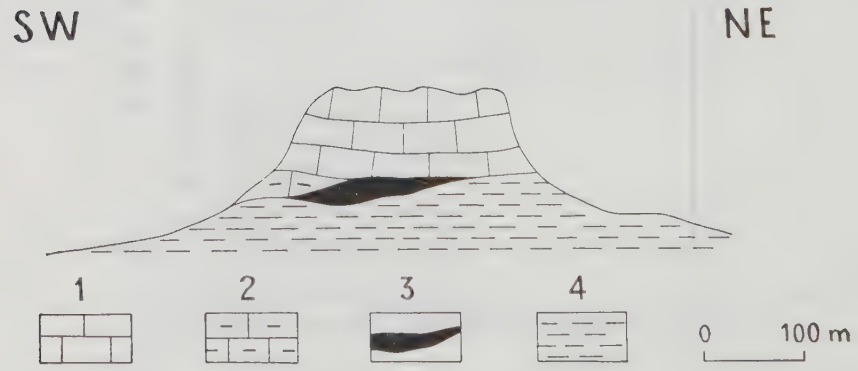


Fig. 32.—Coupe de la Peña Arpada.

1 : Jurassique moyen ; 2 : Néocomien ; 3 : Ophites ; 4 : Unité de Paterna.

A l'exception de moules externes de Brachiopodes recueillis dans des déblais, je n'ai pas retrouvé trace de cette faune.

Par contre, les marnes vert clair du coeur de l'anticlinal ont livré une microfaune qui selon J. MAGNÉ pourrait appartenir au Domérien-Toarcien :

— Lenticulines.
— *Lingulina.*
— *Nodosariae.*

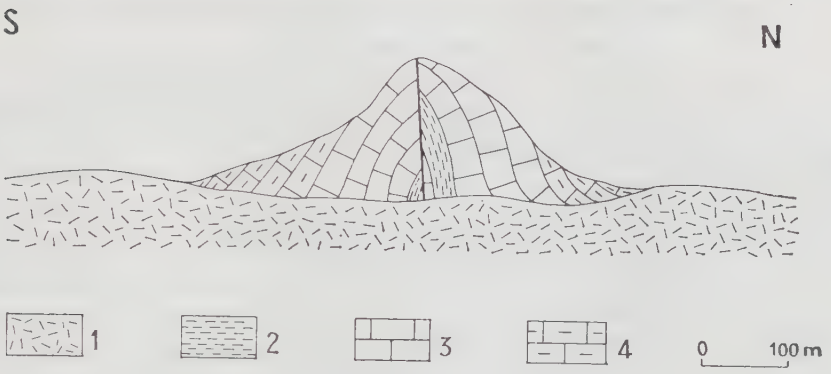


Fig. 33.—Coupe à travers le chaînon du Berrueco (Cadix).

1 : Trias ; 2 : Lias ; 3 : Jurassique moyen et supérieur ; 4 : Crétacé inférieur.

Ainsi que des Ostracodes du genre *Bairdia.* Ces marnes, bien développées ici, doivent correspondre aux niveaux marneux verts à galets de calcaires (Ech. 2357 de la coupe de la Sierra del Valle).

III. Les macrofaunes du Jurassique

Bien que les gisements d'Ammonites soient rares dans le Jurassique subbétique de l'Ouest des Cordillères bétiques, quatre étages ont pu ainsi être datés : le Toarcien, l'Oxfordien, le Kimmeridgien et le Tithonique.

a) *Le Toarcien* (3) (faune 135).

— *Phylloceras* gr. *nilssoni* HEBERT.
— *Pseudogrammoceras* sp. (fragments).
— *Pseudogrammoceras* aff. *subfallaciosum* BUCKM., différent du

(3) Détermination de M. l'Abbé R. Mouterde.

type figuré par ses côtes plus inclinées au départ de l'ombilic.

— *Hammatoceras* sp. (*fragments*).

— Probablement jeune *Pseudogrammoceras*.

— *Phlyseogrammoceras* sp. juv. ((gr. *dispansum* LYCETT).

— *Pseudogrammoceras pedicum* BUCKM., incomplet mais bien caractéristique.

b) *L'Oxfordien* (4).

2550 : *Perisphinctes* (*Dichotomosphinctes*) *antecedens* (SALF.), mais forme plus épaisse que le type.

2105 : *Perisphinctes* (*Arisphintes*) cf. *cotovui* SIMONESCU.

Ces deux formes appartiennent à la zone à *P. plicatilis* = Oxfordien moyen (Argovien des auteurs français).

c) *Le Kimmeridgien* (5).

2794 : *Nebrodites* cf. *agrigentinus* (GEMM.).
Aspidoceras (*Physodoceras*) sp.
Pachysphinctes sp.
Taramelliceras compsum (OPP.).
Sowerbyceras aff. *loryi* (FONT).

2165 : *Taramelliceras pseudoflexuosum* (FAV.).

Ces deux gisements appartiennent au Kimmeridgien moyen, zone à *pseudomutabilis*.

d) *Le Tithonique inférieur* (6).

2782 : *Sublithacoceras delicatulum* DONZE et ENAY.

2931 : *Haploceras elimatum* (OPP.).
Parastreblites cf. *circumnodosum* (FONT.).
Taramelliceras sp.
Subplanites aff. *subfrequens* (UHLIG).
Sublithacoceras sp. juv.

2930 : *Aulacosphinctoides* aff. *kacchensis* SPATH.
Aulacosphinctoides sp.
Virgatosphinctes cf. *indesphinctoides* SPATH.
Haploceras elimatum (OPP.).

1129 : *Aulacosphinctoides* aff. *latedorsatus* SPATH.
Aulacosphinctoides sp. juv. (forme très évolute).

---

(4) Détermination de M. H. Tintant.
(5) Détermination de M. H. Tintant.
(6) Détermination de M. H. Tintant.

e) *Le Tithonique supérieur* (7).
2605 : *Aulacosphinctoides* sp. juv.
Berriasella sp.
2603 : *Virgatosphinctes* sp.
998 : *Berriasella.*

IV. Comparaison avec les régions voisines

Le Jurassique subbétique n'est guère développé dans l'Ouest de la province de Cadix. Les affleurements ne dépassent pas vers l'Ouest le Berrueco (de Cadix), et encore ne s'agit-il là que d'un petit affleurement. Par contre, vers le Nord-Est et l'Est de la province de Cadix, le Jurassique subbétique prend une plus grande extension. Dans la Serranía de Grazalema, P. HOPPE (1965) décrit plusieurs coupes du Subbétique (stricto sensu) dans lesquelles il distingue la série suivante, décollée au-dessus du Trias marno-gypsifère :

— Des dolomies et des calcaires du Lias inférieur avec faune d'Ammonites et de Brachiopodes du Pliensbachien supérieur.

— Des marnes et marno-calcaires du Lias moyen et supérieur qui se terminent par des calcaires marneux à "filaments".

— Un complexe de calcaires noduleux allant du Lias supérieur au Tithonique, dans lesquels sont datés, le Toarcien à la base avec *Hildoceras bifrons* BRUG., puis le Bajocien-Bathonien (*Holophylloceras zignodianum* d'ORB. et *Oppelia* cf. *subradiata* SOW.), enfin le Tithonique supérieur à *Berriasella carpathica* ZITTEL, *Himalayites* (*Micranthoceras*) *micracantus* OPPEL, *Protetragonites* sp. ...).

Nous avons montré (P. CHAUVE et Y. PEYRE, 1966) que cette succession était analogue à celle de la "série du Pedroso" (Y. PEYRE, 1960), définie plus à l'Est entre Grenade et Antequera et dans laquelle, pour tous les niveaux du Jurassique plus récents que le Lias inférieur, les marnes prédominent.

Il est fort possible d'ailleurs que la série du Jurassique de la Serranía de Grazalema soit plus complète et qu'entre les niveaux fossilifères signalés par P. Hoppe, s'intercalent les autres niveaux du Jurassique.

Cette série du Jurassique marneux se retrouve d'ailleurs à l'Ouest de la Sierra de Grazalema, car les faciès du Jurassique situé entre Arcos de la

(7) Détermination de M. H. Tintant.

Frontera et Prado del Rey sont eux aussi marneux. Le passage aux faciès typiques de Las Cabras (calcaires argileux qui, en vérité, ne sont pas tellement différents, si ce n'est un peu plus calcaires et un peu moins fossilifères) pourrait se trouver dans la série jurassique de la Angostura. En effet, on voit se développer dans cette série, surtout dans l'Oxfordien, des interlits marneux, pratiquement inexistants à Las Cabras.

V. Conclusion

De l'étude des différentes coupes du Jurassique de la province de Cadix décrites ici, on peut tirer les résultats suivants :

— Le Jurassique du type de Las Cabras semble s'être déposé d'une manière continue depuis le Lias jusqu'au Tithonique.

— Cette série fait probablement suite au Trias marno-gypsifère (faciès du Keuper), mais en a été décollée par la suite, à cause des mouvements tectoniques.

— Quatre niveaux ont pu être datés par des faunes d'Ammonites :

— Le Toarcien.

— L'Oxfordien (Argovien des auteurs français).

— Le Kimmeridgien.

— Le Tithonique.

— Les faciès calcaires du Jurassique de Las Cabras, très argileux, ne proviennent pas d'une sédimentation néritique, mais sont apparentés aux séries du Jurassique subbétique à faciès marneux des régions plus orientales.

CHAPITRE V

LE CRÉTACÉ INFÉRIEUR SUBBÉTIQUE

(Du Berriasien à l'Albien inclusivement)

Comme nous l'avons vu à l'occasion de la description des coupes du Jurassique, il est difficile de marquer cartographiquement la limite entre le Jurassique et le Crétacé. La sédimentation des calcaires marneux à Calpionelles se poursuit régulièrement de sorte qu'il est impossible lithologiquement de séparer le Tithonique des premiers niveaux crétacés. Toutefois, à partir du Valanginien, les faciès du Crétacé inférieur s'individualisent et l'on peut alors facilement reconnaître les niveaux de calcaires marneux et de marnes blancs, très caractéristiques du Crétacé inférieur subbétique. En réalité, ces couches sont souvent grises et quelquefois bleutées, mais leur surface est toujours altérée et recouverte d'une patine blanche qui passe parfois à une croûte blanche très épaisse.

I. Historique

MAC-PHERSON (1872) cite plusieurs faunes dans des niveaux de calcaires blancs et de marnes blanches. En particulier au Berrueco (Cadix), il a trouvé *Ammonites subfimbriatus* du Néocomien inférieur. Près de Conil, il cite : *Ammonites striatosulcatus, A. guettardi, A. belus, A. duvalianus, A. asperrimus* (vecimo), *A. deshayesi, A. picturatus* et *A. diphyllus*, déterminées par E. Hébert et placées par cet auteur dans le Néocomien supérieur.

J. GAVALA (1918) cite une faune d'Ammonites pyriteuses dans le Nord-Ouest du massif de la Sierra del Pinar, près de la Loma de Comares. Il a

Fig. 34.—Répartition des affleurements de Crétacé inférieur de la zone cartographiée.

récolté en particulier *Hoplites neocomiensis* et *Holcostephanus astieri* et place dans le Néocomien les marnes blanches qui les contiennent. Sur sa carte (1924) il a indiqué de nombreux affleurements de marnes grises et bleues du Néocomien : autour du chaînon de Las Cabras, au Sud d'Arcos de la Frontera, à la Sierra de Gibalbín... Mais il ne cite pas de niveaux plus récents que le Néocomien. Pour lui d'ailleurs, il y a émersion après cet étage, la sédimentation ne reprenant qu'à l'Eocène.

II. Le Néocomien et le Barrémien

Les couches du Néocomien font immédiatement suite aux niveaux du Tithonique, sans qu'il soit possible de distinguer lithologiquement le passage du Tithonique au Berriasien. Seules les faunes et microfaunes permettent de trancher. On retrouve donc en général le Néocomien dans toutes les coupes continues décrites dans le chapitre consacré au Jurassique. Le Barrémien sera décrit ici avec le Néocomien, car il appartient au même ensemble lithologique, dont il est souvent difficile de le séparer.

A. Chaînon de Las Cabras

Dans la Sierra de Las Cabras, le Néocomien se rencontre au pourtour du chaînon au-dessus des niveaux du Tithonique.

1. Boca de la Foz (fig. 35).

Dans cette coupe qui fait suite à la coupe du Jurassique (fig. 25), les calcaires gris à Calpionelles du Tithonique passent à des calcaires de même faciès mais d'âge berriasien, et se poursuivent par des couches de marno-calcaires, surmontées à leur tour par des marnes et marno-calcaires ainsi que le montre la coupe suivante (de bas en haut) :

— Des calcaires sublithographiques, tachetés de pigments ferrugineux (2572) du Tithonique supérieur à :

— *Calpionella alpina.*
— *C.* (*Crassicollaria*) gr. *intermedia.*
— *Globochaete alpina.*
— Radiolaires.

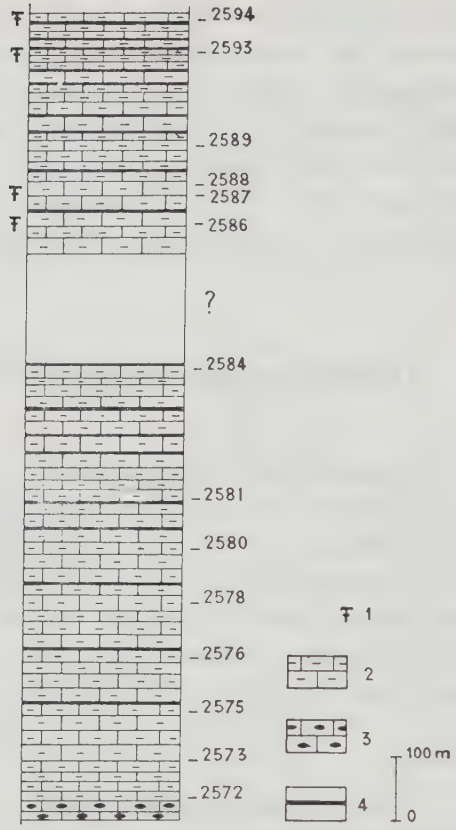


Fig. 35.—Série stratigraphique du Néocomien de la Boca de la Foz.

1 : Gisement de fossiles ; 2 : Calcaire marneux ; 3 : Calcaire noduleux ; 4 : Marne. (Les numéros renvoient au texte).

— Saccocomidae.
— Aptychus.

— Des calcaires argileux (2573) en bancs de 30 à 40 cm., de couleur gris clair, de l'extrême base du Berriasien avec :

— *Calpionella alpina.*
— *C.* (*Crassicollaria*) *intermedia.*
— *C. elliptica.*
— *Stenosemellopsis hispanica.*
— *Stomiosphaera minutissima.*
— *Globochaete alpina.*
— Débris d'Aptychus.
— Ostracodes.

— Puis des calcaires argileux gris clair (2575) à :

— *Calpionella alpina.*
— *C.* (*Crassicollaria*) *intermedia.*
— *Globochaete alpina.*
— *Stomiosphaera misolensis.*
— Radiolaires.

— Les calcaires argileux gris clair qui les surmontent (2576) contiennent :

— *Calpionella alpina.*
— *C.* (*Crassicollaria*) *intermedia.*
— *C. elliptica.*
— *Globochaete alpina.*
— *Spirillina* sp.

— Les marno-calcaires gris qui leur font suite contiennent une faune du Berriasien inférieur franc (2578) avec :

— *Calpionella alpina.*
— *C.* (*Crassicollaria*) *parvula.*
— *Tintinnopsella carpathica.*
— *Lorenziella* nov. sp. DURAND-DELGA.
— *Globochaete alpina.*
— *Nannoconus* sp.

— Le Berriasien se poursuit par des niveaux de marno-calcaires gris (2580) avec :

— *Calpionella alpina.*
— *C. elliptica.*
— *Tintinnopsella carpathica.*
— *Nannoconus* sp.

— Viennent plus haut des calcaires marneux (2581) du Berriasien supérieur à :

— *Calpionella elliptica.*
— *Tintinnopsella carpathica.*
— *T. longa.*
— *T.* cf. *colomi.*
— *Remaniella* cf. *cadischiana.*
— *Stomiosphaera minutissima.*

— Et par des niveaux marno-calcaires avec petits lits de marnes (2584) :

— *Tintinnopsella carpathica.*
— *Calpionellites darderi.*

— *Calpionellopsis oblonga.*
— *Nannoconus* sp.

— Après une zone d'une trentaine de mètres environ où l'on ne voit rien et où passe peut-être une faille redoublant la série, la coupe se poursuit par des calcaires argileux gris avec de petits niveaux de marnes grises ou bleutées, à patine blanche. Les niveaux calcaires ont livré, en 2586, une faune du Berriasien (1) avec :

— *Berriasella* sp.
— *Neolissoceras grasianum.*
— *Neocosmoceras* sp.

— Quelques mètres plus haut, dans des calcaires marneux de même aspect (2587) ont été récoltées des Ammonites du Valanginien (supérieur?) :

— *Holcophylloceras* sp.
— *Oosterella* sp.
— *Bochianites neocomiensis.*

— Les niveaux qui leur font suite contiennent (2593) :

— *Rogersites* sp.
— *Olcostephanus* sp.
— *Spitidiscus* sp.
— *Neolissoceras grasianum.*

et appartiennent probablement à l'Hauterivien supérieur. Enfin, la partie terminale de la coupe comprend certainement l'Hauterivien supérieur avec la faune d'Ammonites suivantes (2594) :

— *Pseudothurmannia* gr. *angulocostatus.*
— *Plesiospitidiscus* sp.

Les termes plus élevés de la coupe sont masqués sous une petite plaine alluviale.

Le profil stratigraphique relevé au niveau de la Boca de la Foz nous montre donc une coupe continue du Berriasien à l'Hauterivien supérieur.

2. Partie méridionale de la Sierra de las Cabras.

Le Crétacé inférieur affleure bien aussi dans la partie méridionale de Las Cabras. Sur le flanc occidental, en contrebas d'un cortijo (x = 422,6 ; y = 222,7), au-dessus des calcaires argileux et un peu noduleux du Tithonique, à *Calpionella alpina,* on rencontre des calcaires marneux gris à :

---

(1) Les Ammonites du Crétacé inférieur ont été déterminées par M. J. Sornay que je remercie très vivement.

— *Pygope diphya diphya.*
— *Pygope janitor.*
— *Neolissoceras grasianum.*
— *Berriasella* cf. *paramacilenta.*
— *Neocosmoceras* sp.,

probablement du Berriasien.

Puis une série de marno-calcaires à :

— *Neocomites neocomiensis.*
— *Neolissoceras grasianum.*
— *Olcostephanus guebardhi.*
— *Olcostephanus* gr. *irregularis.*
— *Pseudobelus bipartitus.*
— *Protetragonites* sp.
— *Kilianella* gr. *superba.*
— *Oosterella* gr. *gaudryi.*
— *Duvalia dilatata.*
— Des vertèbres de poissons,

du Valanginien supérieur.

Un peu plus bas, topographiquement, les calcaires marneux s'enrichissent en niveaux marneux et ont livré une faune d'Ammonites de l'Hauterivien :

— *Neocomites platicostatum.*
— *Neolissoceras grasianum.*
— *Olcostephanus* sp.
— *Plesiospitidiscus* cf. *angulocostatus.*
— *Protetragonites quadrisulcatus.*

Vers l'Ouest les couches du Crétacé inférieur se poursuivent, mais elles sont en grande partie masquées sous les éboulis.

On retrouve ici les niveaux qui ont été décrits à la Boca de la Foz. Toutefois les niveaux fossilifères sont plus riches.

3. Flanc oriental de la Sierra de las Cabras.

a) *Partie est.*

Le flanc oriental de Las Cabras manque généralement. Seule la partie centrale de l'arc présente une structure anticlinale régulière. En (x = 423,5 ;

y = 224,7) on retrouve les calcaires tithoniques, puis des calcaires argileux du Berriasien à :

— *Spiticeras* sp.

suivis d'autres calcaires argileux à Neocomitidae.

b) *Partie nord.*

Dans la partie septentrionale de la Boca de la Foz, à la sortie des gorges, les marnes associées aux calcaires marneux ont livré une riche microfaune d'âge hauterivien-barrémien avec :

— *Lenticulina* cf. *ouachensis.*
— *Lenticulina* sp.
— *Globigerina sp.*
— *Involutina* sp.
— *Cornuspira* sp.
— *Marginulina,* sp.
— *Pseudoglandulina* sp.
— *Gaudryina* aff. *chettabaensis.*
— *Gaudryina* sp.
— *Gavelinella* sp.
— *Marginulinopsis djaffaensis.*

Latéralement les calcaires marneux ont fourni une faune d'Ammonites de l'Hauterivien supérieur avec :

— *Pseudothurmannia angulicostatus*
— *Pseudothurmannia picteti.*
— *Plesiospitidiscus ligatum.*
— *Phyllopachyceras* sp.

Dans le flanc Nord de la Sierra de Las Cabras, il semble que la coupe soit continue et que l'on ait une série analogue à celle du flanc méridional, mais plus complète car elle montre les niveaux de passage au Barrémien.

4. Coupe de la Sierra de la Sal.

Le Crétacé inférieur est bien développé dans le flanc sud de la Sierra de la Sal. Les marno-calcaires et les marnes qui font suite aux calcaires noduleux du Jurassique (Tithonique) pendent faiblement vers le Nord. Au Sud du Cerro de los Pesebres, on rencontre successivement :

1. Des calcaires argileux, légèrement noduleux, du Tithonique supérieur (1179) à :

— *Calpionella alpina.*

— *Crassicollaria parvula.*
— *Stomiosphaera minutissima.*
— *Globochaete alpina.*
— Radiolaires.

2. Des calcaires gris clair du Berriasien moyen-supérieur.
— *Calpionella alpina.*
— *Tintinnopsella carpathica.*
— *Tintinnospsella longa.*
— *Calpionellites oblonga.*
— *Calpionellites dadayi.*

et dans lesquels a été trouvé un exemplaire de:
— *Berriasella* sp.

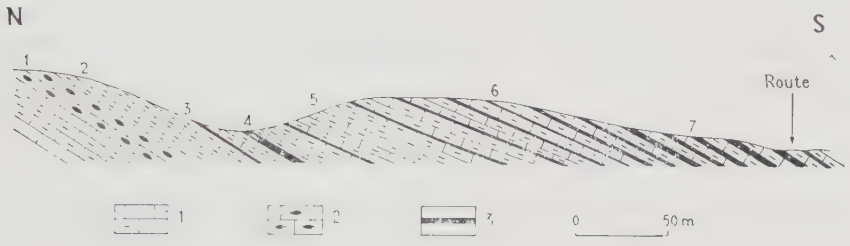


Fig. 36.—Coupe du Néocomien de la Sierra de la Sal.

1: Calcaire marneux; 2: Calcaire noduleux; 3: Marne. (Les numéros de la coupe renvoient au texte.)

3. Des marno-calcaires avec petits lits de marnes gris bleu à:
— *Pygope diphya dyphya*

et renfermant la microfaune suivante:
— *Calpionellites* gr. *darderi.*
— *Tintinnopsella carpathica.*
— *Tintinnopsella longa.*

Il s'agit donc de Berriasien moyen-supérieur.

4. Des marnes jaunes et blanches.

5. Des calcaires marneux avec petits lits marneux.

6. Des marno-calcaires et des marnes à patine blanche.

7. La série devient plus marneuse avec encore des bancs de marno-calcaires gris-clair de l'Hauterivien supérieur, à:

— *Pseudothurmannia* gr. *angulicostatus.*
— *Balearites* sp.

et latéralement des niveaux identiques ont livré :

— *Barremites* sp.

Il semble bien qu'on ait ici aussi tous les niveaux compris entre la base du Néocomien et le Barrémien.

B. Sierra del Valle

1. Flanc occidental.

Sur les couches tithoniques du flanc ouest de la Sierra del Valle viennent des calcaires marneux gris à :

— *Berriasella* sp.

et quelques mètres plus haut à :

— *Neocomites neocomiensis.*

On ne peut pas observer de coupe complète dans ce flanc, qui est couvert d'une oliveraie.

2. Flanc oriental.

Sur le flanc est de la Sierra del Valle, on peut suivre une petite bande de Crétacé inférieur ($x = 410{,}4$; $y = 222{,}2$), limitée à l'Est par une faille, qui redouble la série jurassique.

Les marnes blanches des niveaux les plus élevés ont livré une abondante microfaune qui semble appartenir au Barrémien avec :

— *Spirillina* sp.
— *Involutina* sp.
— *Gaudryina* sp.
— *Lenticulina* sp.
— *Lenticulina* cf. *nodosa.*
— *Dentalina* sp.
— *Marginulina* sp.
— *Vaginulina* cf. *kochii.*
— *Guttulina* sp.
— *Gavelinella* sp.
— *Conorotalites* (*Globorotalites*) *gr. bartensteini.*
— *Hedbergella* (*Globigerina*) aff. *planispira.*

A l'Est de cette faille, on retrouve le Jurassique, surmonté par un Néocomien bien développé.

C. La Angostura

Le Néocomien de la Angostura fait suite au Jurassique de la coupe décrite précédemment (cf. fig. 28). Sur les calcaires argileux du Tithonique supérieur à :

— *Calpionella alpina.*
— *C.* (*Crassicollaria*) *intermedia.*
— *Stomiosphaera minutissima.*
— *Globochaete alpina.*
— Saccocomidae.

reposent des calcaires argileux du Berriasien à :

— *Calpionella alpina.*
— *Tintinnopsella cadischiana.*
— *Tintinnopsella carpathica.*
— *Globochaete alpina.*
— *Stomiosphaera minutissima.*
— *Nannoconus* sp.

dans lesquels on trouve les Ammonites suivantes :

— *Phylloceras* (*Ptychophylloceras*) cf. *ptychoïcum* QUENST.
— *Spiticeras* sp.
— *Thurmanniceras* sp.
— *Berriasella* sp.
— *Phyllopachyceras* sp.
— *Neocomites* cf. *pexiptychus* UHLIG.

Le reste de la coupe est masqué par les dépôts drapant une surface de Quaternaire ancien.

D. Autres affleurements de Néocomien

1. Sierra de Dos Hermanas.

Le long de la route de Jerez au Puerto de Galiz, dans le synclinal rempli de Crétacé inférieur, situé entre la Sierra de Dos Hermanas et la Sierra de la Sal, des marno-calcaires blancs ont livré :

— *Olcostephanus* sp.
— *Neocomites* sp.
— *Lytoceras* gr. *subfimbriatum* SOW.
— *Lamellaptychus* sp.

c'est-à-dire une faune du Valanginien supérieur. Il semble que ce soit le

terme le plus élévé de cette série qui, au Nord, passe au Berriasien et au Tithonique à :

— *Pygope janitor.*
— *Pygope diphyoïdes.*

2. Cerro de La Castilleja.

Dans la partie nord-ouest du Cerro de La Castilleja, coincé sous le Lias, un petit copeau a livré :

— *Lamellaptychus* gr. *angulicostatus* Pet.
— *Lamellaptychus angulicostatus* Pet.

Il s'agit d'Hauterivien supérieur-Barrémien.

3. Sierra de Areyonosa.

La coupe du Jurassique de la Sierra de Areyonosa se poursuit vers le Nord par des marno-calcaires gris et des marnes bleutées à patine blanche, du Néocomien, puis par des calcaires marneux du Barrémien (2090) qui ont livré la faune suivante :

— *Acrioceras* cf. *tabarelli.*
— *Barremites* aff. *difficilis.*
— *Barremites* sp.
— *Silesites seranonis.*
— *Ptychoceras* sp.
— *Emericiceras* sp.

Toutefois. il semble que la série néocomienne ne soit pas complète.

4. Peña Arpada.

Coincé entre le Trias à la base et le Jurassique qui le surmonte, il existe un petit affleurement de Néocomien, situé au Sud-Ouest de la Peña Arpada. D'autres petits lambeaux existent aussi un peu plus à l'Ouest.

Les calcaires marneux de la base de la Peña ont livré :

— *Lamellaptychus angulicostatus,* var. *symphysocostata.*
— *Lamellaptychus* cf. *theodosia.*
— *Rogersites* sp.

du Néocomien inférieur-moyen.

Dans un petit affleurement situé un peu plus à l'Ouest :

— *Lamellaptychus* gr. *submortilleti* Tr.

du Berriasien-Valanginien.

5. Sierra de Gibalbín.

Dans la partie Est de la Sierra, les couches de marnes et de marno-calcaires ont livré une faune valanginienne avec :

— *Neolissoceras* sp.
— *Neocomites* sp.
— *Olcostephanus* sp.

III. L'Aptien

Les niveaux aptiens du Subbétique de la province de Cadix n'ont été datés qu'en deux points. Il s'agit de marnes bleues peu épaisses (de un à cinq mètres), difficiles à mettre en évidence, car, avec les niveaux qui les surmontent (Albien et peut-être Cénomanien), elles constituent un niveau de décollement au sein de la série subbétique.

A l'intérieur de l'arc de Las Cabras en (x = 223,4 ; y = 421,5) et faisant suite au Crétacé inférieur marno-calcaire, j'ai prélevé un échantillon dans des marnes bleu-clair (éch. 737), qui sont à rapporter à la base de l'Aptien avec :

— De petites Globigérines du groupe *cretacea* :
  — *Schackoïna* sp.
  — *Dentalina* sp.
  — *Gavelinella* sp.
— Des Ostracodes :
  — Cytheropteron.
  — Monoceratina.

Au Nord de la Sierra de Dos Hermanas, des marnes bleutées ont livré une faune de l'Aptien supérieur (713) avec

— Des Foraminifères :
  — *Globigerinelloides algeriana.*
  — *Biglobigerinelloides* sp.
  — *Globigerina* sp.
  — *Biticinella* sp.
  — *Planomalina* cf. *cheniourensis.*
  — *Lenticulina* sp.
  — *Spirillina* sp.
  — *Gavelinella* sp.
— Des Ostracodes :

— Paracypris.
— Pontocyprella.
— Cytherella.
— Monoceratina.
— Cytheropteron.

Il semble qu'au Barrémien fasse suite un niveau marneux caractéristique de l'Aptien. Mais cet horizon correspond à un niveau de décollement et de ce fait il est rarement observable.

IV. L'Albien

La sédimentation du Crétacé inférieur se poursuit d'une manière continue et, sur les marnes bleutées de l'Aptien, on rencontre des marnes grises ou jaunâtres à patine blanche, de quelques mètres d'épaisseur. Quelques petits niveaux de calcaires marneux blancs s'intercalent dans ce niveau.

1. L'Albien de Las Cabras.

C'est encore à l'intérieur de l'arc de Las Cabras, sur le flanc oriental de la Loma de los Poyales, qu'ont été récoltés les échantillons analysés ci-dessous.

Le premier (éch. 511) correspond à la coupe du Crétacé inférieur du flanc méridional de Las Cabras (cf. paragraphe A 2). Les marnes grises ont livré :

— *Globigerina* sp.
— *Ticinella* sp.
— *Biticinella* cf. *bentonensis*.
— *Osangularia* sp.
— *Lenticulina* sp.
— *Involutina* sp.

et pourraient appartenir à la base de l'Albien.

Un peu plus au Nord, des marnes grises (éch. 2425) renferment une belle microfaune d'âge albien avec :

— *Ticinella roberti*.
— *Biticinella bentonensis*.
— *Hedbergella* (*Globigerina*) *planispira*.
— *Globigerina infracretacea*.
— *Lenticulina* sp.
— *Conorotalites* (*Globorotalites*) sp.

Latéralement et un peu plus haut, des marnes blanches (3016) renferment :

— *Ticinella roberti.*
— *Biticinella bentonensis.*
— *Thalmanninella ticinensis.*
— *Rotalipora* gr. *appenninica.*
— *Globigerina* sp.

et correspondent peut-être au sommet de l'Albien.

2. L'Albien de la Sierra de Gibalbín.

Dans la Sierra de Gibalbín, au-dessus des couches néocomiennes blanchâtres, un prélèvement de marnes (2456) a livré :

— *Ticinella roberti.*
— *Lenticulina* sp.
— *Marginulina* sp.
— *Gavelinella* sp.
— *Gaudryina* sp.

et des Ostracodes :

— *Cytherelloidea* aff. *circumcallata.*
— *Cythereis.*
— *Pontocytherella.*
— *Dolocythere.*

V. Conclusion

L'étude des différentes coupes décrites ci-dessus et la cartographie du Crétacé inférieur du Subbétique de la province de Cadix, nous ont permis de mettre en évidence l'existence d'une série continue dans laquelle nous avons pu dater le Berriasien, le Valanginien, l'Hauterivien, le Barrémien l'Aptien et l'Albien (fig. 37).

L'Aptien et l'Albien sont les plus difficiles à saisir, car ils correspondent à un niveau de décollement à l'intérieur de la série subbétique. Le Néocomien et le Barrémien se rencontrent presque toujours à leur place logique, c'est-à-dire en continuité au-dessus des couches jurassiques, immédiatement au-dessus du Tithonique. Du point de vue lithologique, le Crétacé inférieur subbétique correspond à des faciès pélagiques, avec des marno-calcaires à la base. Il devient marneux dans sa partie moyenne. Il s'enrichit en marnes et en niveaux marno-calcaires dans sa partie supérieure.

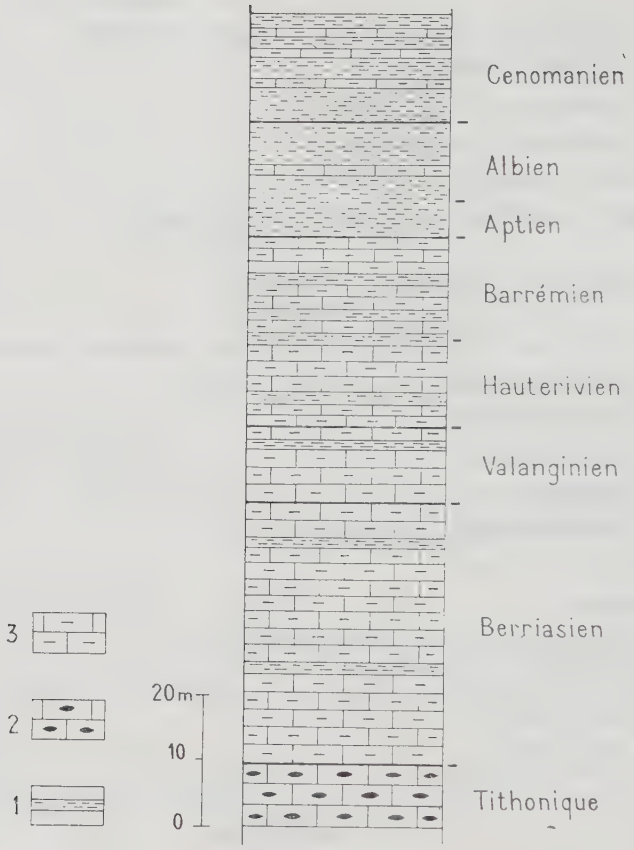


Fig. 37.—Série stratigraphique du Crétacé inférieur subbétique de l'Ouest de la province de Cadix.

1 : Marnes ; 2 : Calcaires noduleux ; 3 : Calcaires marneux.

VI. Liste des faunes du Crétacé Inférieur

A. Macrofaunes

a) *Ammonites* :

Acrioceras cf. *tabarelli* ASTIER.
Balearites sp.
Barremites sp.
Barremites difficilis (d'ORB.).
Berriasella sp.

Berriasella paramacilenta MAZENOT.
Bochianites neocomiensis d'ORB.
Emericiceras sp.
Holcophylloceras sp.
Kilianella sp.
Kilianella gr. *superba* SAYN.
Lytoceras sp.
Lytoceras gr. *subfimbriatum* SOW.
Neocomites sp.
Neocomites neocomiensis (d'ORB.).
Neocomites pexiptychus UHL.
Neocomites platicostatum UHL.
Neocosmoceras sp.
Neolissoceras sp.
Neolissoceras grasianum (d'ORB.)
Olcostephanus sp.
Olcostephanus guebardhi KILIAN.
Olcostephanus gr. *irregularis* WEGNER.
Oosterella sp.
Oosterella gaudryi NICKLÉS.
Phyllopachyceras sp.
Plesiospitidiscus sp.
Plesiospitidiscus cf. *angulocostatus* (d'ORB. et PICT.).
Plesiospitidiscus ligatum (d'ORB.).
Pseudothurmannia sp.
Pseudothurmannia gr. *angulocostatus* (d'ORB.).
Pseudothurmannia picteti SARKAR.
Protetragonites sp.
Protetragonites quadrisulcatus (d'ORB.).
Ptychoceras sp.
Rogersites sp.
Silesites seranonis d'ORB.
Spitidiscus sp.
Spiticeras sp.
Thurmanniceras sp.

b) *Aptychus*:

Lamellaptychus sp.
Lamellaptychus angulocostatus (PET.).
Lamellaptychus gr. *angulocostatus* (PET.).
Lamellaptychus angulocostatus (PET.) var. *symphysocostata* TRAUTH.
Lamellaptychus theodosia (DESH.).
Lamellaptychus submortilleti TR.

c) *Belemnites*:

Duvalia sp.
Duvalia dilatata BLAINV.
Duvalia sp. ex gr. *binerria* RASP.
Pseudobelus bipartitus BLAINN.

d) *Brachiopodes*:

Pygope diphya diphya (BUCH).
Pygope diphyoides (d'ORB.).
Pygope janitor (PICTET).

B. Microfaunes

a) *Calpionelles*:

Calpionella alpina LORENZ.
Calpionella elliptica CADISCH.
Calpionella (*Crassicollaria*) *intermedia* DURAND-DELGA.
Calpionella (*Crassicollaria*) *parvula* (REMANE).
Calpionellites darderi (COLOM).
Calpionellites dadayi KNAUER.
Calpionellopsis oblonga (CADISCH).
Lorenziella (n. sp. DURAND-DELGA).
"*Stenosemellopsis hispanica*" COLOM.
Remaniella cadischiana (COLOM).
Tintinnopsella carpathica (MURG. et FIL.).
Tintinnopsella longa (COLOM).

b) *Autres microorganismes* :

Globochaete alpina LOMBARD.
Stomiosphaera minutissima (COLOM).
Stomiosphaera misolensis VOGLER.
Nannoconus sp.

c) *Foraminifères* :

Verneuilinidae :
Gaudryina sp.
Gaudryina aff. *chettabaensis* SIGAL.
Silicinidae :
Involutina sp.
Ophtalmidiidae :
Cornuspira sp.
Lagenidae :
Dentalina sp.
Lenticulina sp.
Lenticulina ouachensis SIGAL.
Lenticulina cf. *nodosa* REUSS.
Marginulina sp.
Marginulinopsis djaffaensis SIGAL.
Pseudoglandulina sp.
Vaginulina cf. *kochii* ROEMER.
Polymorphinidae :
Guttulina sp.
Rotaliidae :
Spirillina sp.
Osangularia sp.
Gavelinella sp.
Conorotalites (*Globorotalites*) sp.
Conorotalites gr. *bartensteini* BETTENSTAEDT.
Globigerinidae :
Globigerina sp.
Globigerina infracretacea GLAESSNER.
Globigerinelloides algeriana (CUSH. & TEN DAM).
Biglobigerinelloides sp.
Hantkeninidae :
Schackoina sp.

Globorotalidae :

Rotalipora appenninica RENZ.
Ticinella sp.
Ticinella roberti (GANDOLFI).
Biticinella sp.
Biticenella bentonensis (MORROW).
Thalmanninella ticinensis (GAND).
Hedbergella (*Globigerina*) *planispira* (TAPPAN).

CHAPITRE VI

LE CRÉTACÉ SUPÉRIEUR SUBBÉTIQUE

(Du Cénomanien au Danien inclusivement)

I. Historique

Dans la province de Cadix, le Crétacé supérieur n'avait pas été signalé par MAC-PHERSON. Dans ses travaux antérieurs, J. GAVALA admettait aussi une lacune du Crétacé supérieur dans les séries subbétiques. Plus récemment, dans la notice qu'il a consacrée à la feuille au 50.000e de Cadix, J. GAVALA cite des microfaunes du Crétacé supérieur déterminées par E. PERCONIG. Il s'agit de deux prélèvements effectués sur les feuilles de Medina Sidonia et de Paterna de Rivera. Le premier se trouve au Sud-Est du Berrueco (Cadix) et contiendrait des Préalvéolines. Le second le long de la route de Jerez à Medina Sidonia a livré : *Globotruncana* sp., *Heterohelix* sp., *Racemigümbelina* sp. et *Rugoglobigerina* sp. Toutefois, il ne modifie pas son interprétation antérieure, car "pour les besoins de la tectonique régionale, la différenciation (de ces niveaux du Crétacé supérieur) ne présente pas un grand intérêt".

II. Généralités

Les couches du Crétacé supérieur font suite au Crétacé inférieur, et il y a passage continu de l'Aptien à Albien puis au Cénomanien.

Certes il y a une discontinuité au niveau de l'Albien et de l'Aptien de sorte qu'à l'affleurement, le Crétacé supérieur se trouve généralement lié au Tertiaire, alors que, nous l'avons vu précédemment, le Crétacé inférieur faisait suite au Jurassique. Mais, il ne s'agit que d'une disharmonie, due â

un décollement au sein d'une même série, des termes supérieurs sur les niveaux inférieurs, grâce à l'horizon relativement plastique des marnes aptiennes et albiennes.

III. Le Cénomanien

Au Cénomanien, on peut rapporter des marnes grises et des marno-calcaires gris, qui font suite aux marnes grises ou jaunâtres de l'Albien. Les niveaux du Cénomanien contiennent un peu plus de niveaux marno-calcaires que ceux de l'Albien et sont souvent liés à la base du Crétacé supérieur avec lequel ils sont décollés.

Nous poursuivrons la coupe que nous avons suivie à l'intérieur de l'arc de Las Cabras; nous la complèterons ensuite par d'autres affleurements.

1. Flanc méridional de Las Cabras.

En continuant la coupe du flanc méridional de Las Cabras, au-dessus de l'Albien (éch. 511) on trouve une série de marnes et de marno-calcaires gris qui ont donné (2399) une microfaune du Cénomanien inférieur :

— *Rotalipora appenninica.*
— *Rotalipora globotruncanoides.*
— *Globigerina* sp.
— *Planomalina buxtorfi.*

Un peu plus haut dans un faciès analogue, a été recueillie une microfaune cénomanienne (513) à :

— *Rotalipora globotruncanoides.*
— *Rotalipora* sp.
— *Clavulinoïdes* sp.
— *Dentalina* sp.
— *Involutina* sp.

et un mètre plus haut, dans des marno-calcaires gris :

— *Rotalipora globotruncanoides.*
— *Rotalipora appenninica.*
— *Globotruncana stephani.*

2. Autres affleurements.

Plusieurs niveaux fossilifères du Cénomanien ont pu être reconnus. Nous citerons :

— A la limite sud-ouest du village de San José del Valle, au pied du

couvent, des marnes grises (761) renfermant une microfaune du Cénomanien inférieur avec :

— *Globigerina* sp.
— *Gavelinella* sp.
— *Lenticulina* sp.
— *Gaudryina* sp.
— *Ticinella* cf. *roberti.*
— *Rotalipora appenninica.*

— A l'Ouest du Berrueco (Cadix), dans les marnes blanches qui entourent le Crétacé inférieur, on rencontre (2769) :

— *Rotalipora globotruncanoides.*
— *Rotalipora appenninica.*
— *Schackoina* sp.
— *Globigerina sp.*
— Des Textulariidés.

— A l'Ouest de la Loma de Poyales, sur le flanc est de la vallée qu'occupe le ruisseau de Las Viñas, en contrebas de la finca de Cabeza Redonda, les marnes grises situées à la limite du Trias ont livré (785) :

— *Rotalipora globotruncanoides.*
— *Rotalipora appenninica.*
— *Thalmanninella brotzeni.*
— *Globotruncana stephani.*
— Des dents de poisson.

Ce qui, d'après J. MAGNE, place ces niveaux dans la partie supérieure du Cénomanien moyen.

— A 200 m. au Sud-Ouest de l'embranchement de la route d'Algar, sur la route de Jerez au Puerto de Galiz, on trouve une faune du Cénomanien élevé avec (847) :

— *Rotalipora cushmani.*
— *Rotalipora globotruncanoides.*
— *Globotruncana stepani.*
— *Globotruncana turbinata.*
— *Thalmanninella brotzeni.*
— *Globigerina* sp.

— Dans la Sierra de Areyonosa, en continuité avec le Crétacé inférieur, des marnes bleues et des marno-calcaires gris ont livré une faune du Cénomanien inférieur (2735) avec :

— *Thalmanninella ticinencis.*

— *Rotalipora appenninica.*
— *Planomalina buxtorfi.*

— A 500 m. au Nord-Est de Paterna de Rivera, dans des marnes bleues et des marno-calcaires gris à patine blanche, on trouve aussi une faune du Cénomanien avec :

— *Rotalipora* cf. *turonica.*
— *Rotalipora globotruncanoides.*
— *Thalmanninella brotzeni.*

IV. Le Turonien

La partie supérieure du Cénomanien s'enrichit en marno-calcaires et l'on passe, semble-t-il, d'une manière continue aux marno-calcaires roses du Sénonien. Il ne semble pas qu'il y ait de lacune de sédimentation pendant le Turonien, bien que celui-ci soit difficile à repérer. En effet, je n'ai pu le mettre en évidence avec certitude qu'en un point.

Déjà dans la Sierra de Gibalbin (feuille de Lebrija), les couches du Cénomanien élevé atteignent peut-être selon J. MAGNÉ, le Turonien, mais il reste un certain doute. On y rencontre en effet :

— Des petites Globigérines.
— Des Gümbelines.
— *Schackoina* sp.

Par contre, dans une lame mince provenant de l'intérieur de l'arc de Las Cabras, dans les calcaires marneux blancs et roses de la coupe de la partie méridionale du flanc occidental, J. SIGAL a pu déterminer les faunes suivantes du Turonien :

— *Globotruncana renzi.*
— *Globotruncana helvetica.*
— *Globotruncana schneegansi.*

Le Turonien est sans doute présent dans les autres coupes et correspond probablement à la base des couches rouges du Crétacé supérieur ; de toute manière, c'est là qu'il faut le chercher. Quant à son épaisseur, elle est certainement faible (1 m. ou 2 m.).

V. Le Sénonien

Au Sénonien correspondent les marno-calcaires rouges du Crétacé supérieur. C'est un ensemble de petits bancs bien lités de quelques centimètres à quelques décimètres d'épaisseur, jointifs ou séparés par des interlits marneux, souvent très minces. Leur couleur générale se rapproche du rose saumon. Ces niveaux sont en général plus résistants que les couches qui les encadrent et se marquent dans la morphologie par un petit relief, qui, joint à leur couleur, permet de les distinguer sur le terrain, lorsqu'ils ne sont pas recouverts par une croûte blanche.

Dans cet ensemble, il est possible de distinguer le Coniacien, le Santonien, le Campanien et le Maestrichtien, qui seront examinés successivement.

1. Le Coniacien.

Dans la partie méridionale du flanc occidental de Las Cabras, on trouve des couches du Sénonien inférieur à la base des couches rouges. Les échantillons de marnes 516-517 ont livré une association de Globotruncanidés du Coniacien avec :

— *Globotruncana fornicata.*
— *Globotruncana angusticarinata.*
— *Globotruncana lapparenti.*
— *Globotruncana* cf. *coronata.*

Immédiatement au-dessus, les interlits marneux (2884) ont livré :

— *Globotruncana lapparenti.*
— *Globotruncana coronata.*
— *Globotruncana fornicata.*
— *Globotruncana angusticarinata.*
— *Globotruncana* cf. *concavata.*
— Des Gümbélines.
— Des Globigérines,

ils appartiennent sans doute au passage Coniacien-Santonien.

Le Coniacien a pu aussi être mis en évidence sur la feuille d'Algar, à l'intérieur de l'arc de Las Cabras, au Sud de la Loma de los Poyales (en x = 417,3 ; y = 220,3). Il s'agit de niveaux subbétiques décollés sur le Trias, qui ont livré (éch. 788) :

— *Globotruncana lapparenti.*
— *Globotruncana angusticarinata.*

— *Globotruncana coronata.*
— *Globotruncana fornicata.*
— Des Gümbélines.

Les niveaux qui leur font suite (2913) contiennent :

— *Globotruncana lapparenti.*
— *Globotruncana tricarinata.*
— *Globotruncana coronata.*
— *Globotruncana concavata,*

et annoncent déjà le passage au Santonien.

— Au Nord de la Loma de Espertales (x = 417,4 ; y = 216,8), on trouve aussi le Coniacien (786) avec :

— *Globotruncana sigali.*
— *Globotruncana angusticarinata.*
— *Globotruncana coronata.*
— *Globotruncana lapparenti.*
— *Globotruncana* cf. *fornicata.*
— Des Gümbélines.

— Enfin, au Sud de la Sierra de la Sal, au pied de la Loma de Poyales, dans le prolongement de la coupe du Crétacé inférieur précédemment décrite, existent aussi des couches de passage entre le Coniacien et le Santonien avec (743) :

— *Globotruncana lapparenti.*
— *Globotruncana fornicata.*
— *Globotruncana* cf. *concavata.*

2. Le Santonien.

Les niveaux santoniens succèdent sans discontinuité aux couches coniaciennes et leur faciès est identique. On les trouve donc en continuité avec les couches précédentes.

a) *Las Cabras.*

Dans la partie méridionale de Las Cabras, à la suite des marno-calcaires rouges du passage Coniacien-Santonien, les interlits marneux rouges ont donné la faune suivante :

— *Globotruncana lapparenti.*
— *Globotruncana angusticarinata.*
— *Globotruncana concavata.*

du Coniacien supérieur ou Santonien inférieur.

Immédiatement au-dessus les marnes ont livré :

— *Globotruncana lapparenti.*
— *Globotruncana concavata.*

Ces niveaux correspondent probablement au Santonien.

b) *Loma de Poyales.*

Dans le flanc sud-est de la Loma de Poyales, les couches rouges ont aussi livré une microfaune probablement santonienne (797) avec :

— *Globotruncana lapparenti.*
— *Globotruncana fornicata.*
— *Globotruncana angusticarinata.*
— *Gublerina* (*Ventilabrella*) cf. *deflaensis.*
— *Globigerina* sp.

Latéralement, les mêmes niveaux ont donné :

— *Globotruncana lapparenti.*
— *Globotruncana* cf. *conica.*
— *Globotruncana fornicata,*

et sont surmontés par des couches à :

— *Globotruncana lapparenti.*
— *Globotruncana concavata.*

On peut penser que cet ensemble correspond au Santonien.

c) *Sud d'Algar.*

Au Sud de la ville d'Algar, dans un petit affleurement allongé du Nord au Sud et décollé sur le Trias, les couches rouges ont livré (en $x = 423{,}2$; $y = 229{,}5$), une faune santonienne avec :

— *Globotruncana lapparenti.*
— *Globotruncana concavata.*
— *Globotruncana fornicata.*

3. Le Campanien.

Au Campanien, la série devient un peu plus marneuse et des niveaux blancs commencent à apparaître, mais elle fait suite, d'une manière continue, aux niveaux rouges du Santonien.

a) *Las Cabras.*

Dans la partie méridionale de Las Cabras, les marno-calcaires rouges se

poursuivent et des niveaux un peu plus épais de marnes, parfois blanches, s'intercalent. Celles-ci contiennent (2412) une faune campanienne avec :

— *Globotruncana stuartiformis.*
— *Globotruncana fornicata.*
— *Globotruncana arca.*
— *Globotruncana elevata.*
— *Reussella* sp.
— Des Gümbélines.
— Des petites Globigérines.

car elles sont surmontées par des marno-calcaires roses qui, en lavage, ont livré une belle microfaune du Campanien supérieur :

— *Globotruncana calcarata.*
— *Globotruncana stuartiformis.*
— *Globotruncana arca.*
— *Globotruncana fornicata.*

b) *Autres affleurements de la feuille d'Algar.*

Le Campanien a été daté en de nombreux points de la feuille d'Algar. Citons ceux de :

— San José del Valle.

A 500 m. à l'Est du village, marno-calcaires et marnes roses (775) à :

— *Globotruncana stuartiformis.*
— *Globotruncana fornicata.*
— *Globotruncana* gr. *arca.*
— *Globotruncana conica.*
— Des Globigérines.
— Des Gümbélines.

— Espertales.

A l'Ouest de la Loma de Espertales (x = 416,9 ; y = 214,3), marno-calcaires et marnes (533) à :

— *Globotruncana stuartiformis.*
— *Globotruncana elevata.*
— *Globotruncana* gr. *arca.*
— *Globotruncana* cf. *conica.*
— *Globotruncana fornicata.*
— *Globotruncana lapparenti.*
— *Globotruncana* cf. *subspinosa.*

— *Biglobigerinella* sp.
— *Reussella szajnochae.*
— *Stensiöina* sp.
— Des Gümbélines.

— Ouest de la Sierra del Valle.

Les marno-calcaires et marnes (982) de l'Ouest de la Sierra del Valle ont aussi fourni une faune du Campanien avec :

— *Globotruncana stuartiformis.*
— *Globotruncana elevata.*
— *Globotruncana arca.*
— *Globotruncana lapparenti.*
— *Globotruncana fornicata.*

— Enfin de nombreux affleurements de couches rouges de la feuille de Paterna ont livré des faunes du Campanien.

4. Le Maestrichtien.

Le Maestrichtien correspond au sommet des couches rouges du Crétacé supérieur. Il est formé de marno-calcaires et de marnes. Il semble un peu plus épais que les autres niveaux d'âge sénonien et a été daté en de très nombreux points. Dans la partie supérieure du Maestrichtien, la sédimentation se modifie et des apports détritiques apparaissent.

a) *Las Cabras.*

A la partie méridionale de Las Cabras, des niveaux de marno-calcaires et de marnes roses d'âge maestrichtien font suite au Campanien. La microfaune de ces niveaux est très riche (520) avec :

— *Globotruncana stuarti.*
— *Globotruncana stuartiformis*
— *Globotruncana fornicata.*
— *Globotruncana elevata.*
— *Globotruncana contusa.*
— *Globotruncana* cf. *falsostuarti.*
— *Pseudogümbelina excolata.*
— *Planoglobulina* (*Ventilabrella*) *eggeri.*
— *Globigerina* sp.

b) *Loma de Poyales.*

— Au Nord de la Loma de Poyales, au Sud de la Sierra de la Sal, le Maestrichtien a été caractérisé, dans la coupe commencée plus haut, par des marno-calcaires roses (702) à :

— *Globotruncana stuarti.*
— *Globotruncana stuartiformis.*
— *Globotruncana contusa.*
— *Rugoglobigerina* sp.
— Gümbelines.

— Au Sud de la Loma de Poyales, à la suite du Campanien supérieur décrit précédemment, on rencontre des marno-calcaires et des marnes rouges du Maestrichtien (3013) avec :

— *Globotruncana stuarti.*
— *Globotruncana stuartiformis.*
— *Globotruncana contusa.*
— *Globotruncana fornicata.*

c) *Autres affleurements.*

Il serait fastidieux de citer tous les points où a pu être daté le Maestrichtien. Signalons seulement que la plupart des affleurements de couches rouges de la zone étudiée ont livré une faune maestrichtienne analogue à celles décrites plus haut. Un type d'affleurement mérite cependant d'être décrit : c'est celui qui correspond aux niveaux détritiques maestrichtiens. En effet, le Maestrichtien n'est pas limité aux couches rouges : la partie supérieure de cet étage devient finement détritique et de petits grains de quartz apparaissent dans les marnes et les calcaires. Certains niveaux peuvent être plus grossiers et passent à des microconglomérats et à des calcaires organogènes à grands Foraminifères, mais la partie supérieure du Maestrichtien reste essentiellement marneuse.

Un échantillon particulièrement intéressant a été récolté sur la crête septentrionale de la Loma de Poyales (éch. 1164). Il montre une surface de banc avec de petits canaux de ravinement creusés dans un calcaire finement gréseux surmonté par un microconglomérat qui remplit les creux. La partie grossière est formée de grains de quartz et de petits galets de calcaire marneux, de débris d'Oursins et de Lamellibranches, liés par un ciment calcaire.

Les deux plages (grossière et fine) contiennent une microfaune du Maestrichtien avec :

— *Globotruncana stuarti.*
— *Globotruncana stuartiformis.*
— *Globotruncana contusa.*

La partie grossière contient en outre :

— *Navarella joaquini.*
— *Robulus* sp.
— *Siderolites calcitrapoides.*
— *Lepidorbitoides* sp.
— *Omphalocyclus macroporus.*
— *Simplorbites gensasius.*

Cet échantillon nous montre qu'au Maestrichtien la sédimentation pélagique, qui se poursuivait depuis le Crétacé inférieur, change, une fraction détritique et une microfaune benthique. apparaissant dans les sédiments, qui restent cependant argileux et calcaires.

La coupe se poursuit par des marnes (744) à :

— *Globotruncana* sp.
— *G. fornicata.*
— *G. stuartiformis.*

De fines plaquettes de calcaires organogènes et détritiques s'intercalent dans ces marnes.

Mme. NEUMANN a pu y reconnaître :

— *Navarella joaquini.*
— *Textularia* sp.
— *Robulus* sp.
— *Siderolites calcitrapoides.*
— *Siderolites* sp.
— *Clypeorbis mamillata*
— *Lepidorbitoides* sp.

VI. Le Danien

Les couches rouges se terminent dans le Maestrichtien. Les faciès changent ensuite, la série maestrichtienne devient marneuse et des bancs de calcaires gréseux s'y intercalent. Ces bancs deviennent plus nombreux et leur épaisseur augmente ; en même temps apparaissent des microfaunes nette-

ment paléocènes. En deux points dependant la base de cette nouvelle série a livré des microfaunes du Danien. Peut-être ne s'agit-il pas exactement de l'équivalent du Danien type, mais il y a un changement de faunes ; celles-ci sont nettement différentes de celles du Crétacé supérieur, et se distinguent de celles du Paléocène. Du point de vue lithologique, la coupure (changement dans la sédimentation) se fait pendant le Maestrichtien et le passage est continu entre le Crétacé et le Tertiaire.

Le premier point se trouve sur la feuille au 50.000 de Paterna de Rivera, au Sud-Ouest de la Laguna de Medina ($\times 383{,}8$; $y = 228{,}2$). Dans les marnes grises de cet affleurement (1031), J. Magné a pu déterminer :

— *Globorotalia pseudobulloides* (très nombreux).
— *Globorotalia compressa.*
— *Globigerina triloculinoides.*

Le second sac de marnes (654) a été prélevé sur la feuille d'Arcos de la Frontera, au Nord du village de Prado del Rey, au croisement de la route de Jerez, dans les fondations du réservoir d'eau.

C'est un faciès à petites Globigérines, sans doute du Danien assez bas avec :

— *Globorotalia pseudobulloides.*
— *Globigerina triloculinoides.*
— *Globigerina* sp.

Avec ces microfaunes du Danien, se trouve caractérisé le passage continu du Crétacé au Paléocène. Doit-on placer ces niveaux du Danien dans le Crétacé supérieur ou dans le Paléocène? Dans les coupes que nous avons observées ici, le changement de la sédimentation qui annonce le Paléocène avec ses faciès typiques se produit au Crétacé supérieur (Maestrichtien supérieur) et comme la sédimentation semble continue, on ne peut pas placer de coupure lithologique entre le Crétacé et le Tertiaire. Seules les modifications faunistiques (disparition des Globotruncana) permettent de délimiter les étages. Sur le terrain toutefois, seule l'apparition des premiers gros bancs de calcaires gréseux, contenant une faune paléocène, présente un réel intérêt cartographique : c'est pourquoi j'ai placé les niveaux essentiellement marneux du Danien dans le Crétacé supérieur plutôt que dans le Paléocène. Mais, comme la série est continue, il ne s'agit là, bien entendu, que d'une question d'accolade.

VII. Le Crétacé Supérieur de la Sierra de Gibalbín

La Sierra de Gibalbín culmine à 400 m. au-dessus des plaines du bas Guadalquivir, à la limite des feuilles de Lebrija et d'Arcos de la Frontera. Ce massif comprend une succession de couches monoclinales dont l'âge est compris entre le Jurassique et le Tertiaire; ces différents termes reposent par la tranche sur le Trias. Au Nord-Ouest, un petit massif satellite tertiaire se trouve dans la même situation tectonique. Le Quaternaire masque le plus souvent les rapports de ce Subbétique entièrement déraciné et flottant avec les affleurements de "moronites" du Sud et de l'Ouest, mais il semble bien que le Subbétique repose par l'intermédiaire du Trias sur cette formation.

Nous avons déjà eu l'occasion de parler de l'Albien et du Cénomanien de cette Sierra. Notons cependant qu'une faille redouble la série crétacée. En effet, au-dessus du Coniacien, on retrouve de nouveau l'Albien et le Cénomanien (ou le Turonien?). La coupe se poursuit alors par des marno-calcaires et des marnes dans lesquelles on peut dater les différents étages du Crétacé supérieur :

— Le Coniacien élevé (2458) avec :
Globotruncana concavata.
Globotruncana coronata.
Globotruncana cf. *sigali.*
des Gümbélines.

— Le Santonien (2973) avec :
Globotruncana coronata.
Globotruncana lapparenti.
Globotruncana angusticarinata.
Globotruncana concavata,
des Gümbélines.

— Le Campanien (2368) avec :
Globotruncana fornicata.
Globotruncana elevata.
Globotruncana stuartiformis.
Globotruncana lapparenti.
Globotruncana conica.

— Le Campanien élevé (2462) avec :
Globotruncana calcarata.
Globotruncana stuartiformis.

Globotruncana lapparenti.
Globotruncana arca.
Globotruncana fornicata.

— Le Maestrichtien (836) avec :

Globotruncana stuartiformis.
Globotruncana elevata.
Globotruncana contusa.
Globotruncana fornicata.
Globotruncana gr. *arca.*

VIII. Conclusion

Les couches du domaine subbétique se sont déposées régulièrement depuis le Crétacé inférieur jusqu'au Paléocène. Les différents étages du Crétacé supérieur ont pu être caractérisés paléontologiquement et le passage continu du Crétacé au Tertiaire a pu être mis en évidence.

En résumé (fig. 38), le Crétacé supérieur débute par des marnes bleues et des marno-calcaires gris appartenant au Cénomanien. La série s'enrichit en marno-calcaires et les premières teintes rouges apparaissent dans le Turonien. Au Sénonien correspond la grande masse des marno-calcaires rouges dans laquelle on rencontre le Coniacien, le Santonien, le Campanien et la plus grande partie du Maestrichtien. Pendant le Maestrichtien supérieur, les faciès changent, la série devient plus marneuse, en même temps que des petits bancs de calcaires gréseux apparaissent. Le Maestrichtien supérieur et le Danien correspondent à cette série. Ce n'est qu'avec les premiers gros bancs de calcaires gréseux bien lités que le Paléocène est bien individualisé.

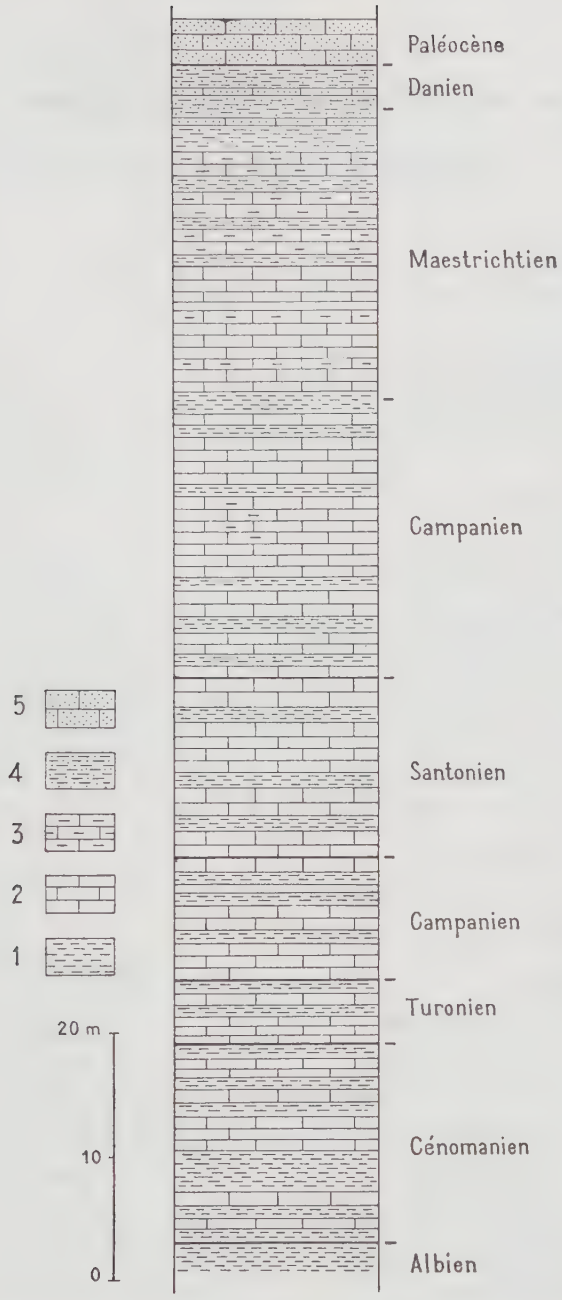


Fig. 38.—Série stratigraphique du Crétacé supérieur subbétique de l'Ouest de la province de Cadix.

1 : Marnes ; 2 : Calcaire ; 3 : Calcaire marneux ; 4 : Marnes gréseuses ; 5 : Calcaires gréseux.

IX. Liste des microfaunes du Crétacé Supérieur Subbétique

A. Microfaunes du Cénomanien et du Turonien

Textulariidae :
Textularia sp.
Verneuilidae :
Gaudryina sp.
Clavulinoides sp.
Silicinidae :
Involutina sp.
Lagenidae :
Lenticulina sp.
Dentalina sp.
Heterohelicidae :
Heterohelix sp.
Rotaliidae :
Gavelinella sp.
Globigerinidae :
Globigerina sp.
Hantkeninidae :
Schackoina sp.
Globorotaliidae :
Globotruncana sp.
G. helvetica BOLLI.
G. schneegansi SIGAL.
G. stephani GAND.
G. renzi GAND.
G. turbinata REICHEL.
Rugoglobigerina sp.
Rotalipora sp.
R. appenninica (RENZ).
R. globotruncanoides SIGAL.
R. cushmani (MORROW).
R. turonica BROTZEN.

Ticinella roberti GAND.
Thalmanninella brotzeni SIGAL.
T. ticinensis (GAND.).

Anomalinidae :
Planomalina buxtorfi (GAND.).

B. Microfaunes du Sénonien et du Danien

Lituolidae :
Navarella joaquini CIRY et RAT.

Textulariidae :
Textularia sp.

Lagenidae :
Robulus sp.

Heterohelicidae :
Gublerina (*Ventilabrella*) *deflaensis* (SIGAL).
Planoglobulina (*Ventilabrella*) *eggeri* CUSHMAN.
Pseudogümbelina excolata (CUSHMAN).
Pseudotextularia (*Gümbelina*) cf. *plummerae* (LOERTTERLE).

Buliminidae :
Reussella szajnochae (GRAZYBOWSKI).

Rotaliidae :
Stensiöina sp.

Calcarinidae :
Siderolites sp.
S. calcitrapoides LAMARCK.

Globigerinidae :
Globigerina sp.
G. pseudobulloides PLUMMER.
G. triloculinoides PLUMMER.

Globorotaliidae :
Globotruncana sp.
G. angusticarinata GANDOLFI.
G. arca (CUSHMAN).
G. calcarata CUSHMAN.
G. concavata (BROTZEN).
G. conica WHITE.
G. contusa (CUSHMAN).

G. coronata BOLLI.
G. elevata (BROTZEN).
G. falsostuarti SIGAL.
G. fornicata PLUMMER.
G. lapparenti BROTZEN.
G. sigali REICHEL.
G. stuarti (J. DE LAPPARENT).
G. stuartiformis DALBIEZ.
G. subspinosa PESSAGNO.
G. tricarinata (QUEREAU).
Rugoglobigerina sp.
Globorotalia compressa PLUM.

Anomalinidae :

Biglobigerinella sp.

Orbitoididae :

Clypeorbis mamillata (SCHLUMBERGER).
Lepidorbitoides sp.
Omphalocyclus macroporus (LAMARCK).
Simplorbites gensasicus (LEYMERIE).

Chapitre VII

LE TERTIAIRE SUBBÉTIQUE

La sédimentation marneuse et finement détritique du sommet du Crétacé supérieur se poursuit dans le Paléocène. Toutefois les bancs de calcaires gréseux gris deviennent plus nombreux et, en certains endroits, ils arrivent à donner une barre calcaire en relief, nettement visible dans la morphologie. Pendant l'Eocène, les sédiments pélagiques (marnes et marno-calcaires blancs) dominent. Ce n'est qu'à l'Oligocène que l'on trouve des bancs de grès.

I. Historique

Dans sa carte de la province de Cadix, J. Gavala (1924) divise l'Eocène en trois parties, qui sont de haut en bas :

— des marnes, argiles et calcaires "tabulaires" ;
— des calcaires ;
— des marnes blanches ou de couleur brique.

Dans la notice de la feuille de Cadix, au 1 : 50.000, J. Gavala (1959) admet que le terme inférieur peut appartenir au Crétacé supérieur. Il place les termes supérieurs dans le Nummulitique et distingue, à la base, des bancs grossiers à Nummulites, surmontés par une alternance de marnes, d'argiles et de grès de couleurs variées, d'âge lutétien, bartonien ou oligocène, qu'il appelle flysch. Mais la distinction entre ce qui appartient au domaine du flysch (avec son Crétacé et son Tertiaire bien individualisés) et ce qui se trouve dans la série subbétique (où l'on retrouve des formations de même âge mais de faciès différents) n'a pas été faite. Disons seulement ici, d'une ma-

nière un peu schématique, que les couches claires appartiennent au Subbétique, alors que les séries d'argiles bariolées (vertes et rouges) se rangent dans le domaine des flyschs.

II. Le Paléocène

Le Paléocène, lorsqu'il n'est pas masqué par une croûte calcaire blanche, se reconnaît assez facilement, grâce à ses bancs de calcaires détritiques. Ce sont des calcaires finement gréseux, de couleur grise, généralement bien lités, en bancs jointifs ou dispersés dans une matrice marneuse, généralement gris-clair, mais parfois rose. Ils montrent souvent des traces de *Cancellophycus*, et la partie inférieure des bancs présente parfois des figures de charge ou de ravinement. Souvent le Paléocène débute par une série de bancs bien lités de 3 à 5 m. d'épaisseur, qui se marquent dans le relief.

Le Paléocène fait normalement suite au Crétacé supérieur, et nous le trouverons associé au Maestrichtien. Du point de vue stratigraphique, nous grouperons sous ce terme les niveaux postérieurs au Danien et antérieurs à l'Yprésien.

1. Loma de Poyales.

Dans la partie septentrionale de la Loma de Poyales (fig. 39), au Sud de la Sierra de la Sal, le Paléocène forme la crête du chaînon.

En montant du Nord vers le Sud, on rencontre successivement les couches rouges du Crétacé supérieur, puis des niveaux marneux avec des bancs de calcaires contenant des grains de quartz. Les marnes (706) contiennent une microfaune du Sénonien avec :

— *Pseudotextularia* (*Gümbelina*) cf. *plummerae*.
— *Globigerina* sp.
— *Globotruncana* gr. *lapparenti*.
— *G.* gr. *arca*.
— *G.* cf. *stuartiformis*.
— *G. fornicata*.
— *G.* sp.

Au sommet de la pente, se placent des calcaires gréseux bien lités avec des figures de charge à leur base. Les interlits marneux (707) ont fourni une microfaune paléocène avec :

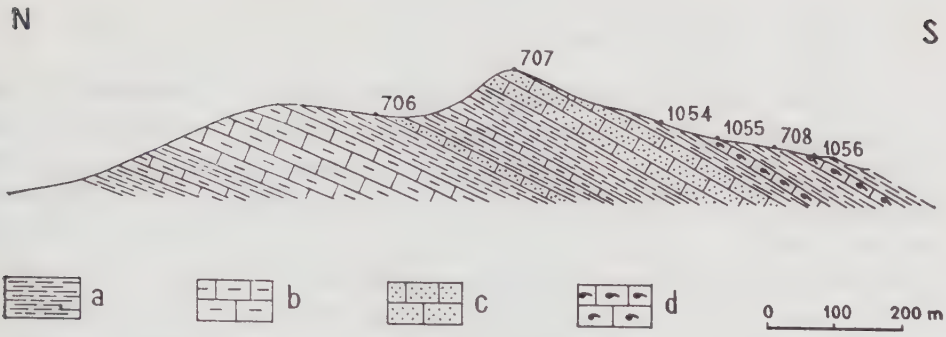


Fig. 39.—Coupe du Crétacé supérieur et de l'Eocène de la partie septentrionale de la Loma de los Poyales. (Les numéros renvoient au texte.)

a: Marnes; b: Calcaire marneux; c: Calcaire gréseux; d: Calcaire à grands Foraminifères.

— *Globorotalia pseudomenardii.*
— *G. velascoensis.*
— *G. acuta.*
— *Globigerina triloculinoides.*
— *Globigerina* sp.

Les niveaux de calcaires marneux fins (1054) montrent en lames minces:

— des Globigérinidés;
— des Gümbelines;
— des Rotalidés, et
— des Lagénides.

La coupe se poursuit par des marnes et des bancs calcaires organogènes de l'Eocène inférieur (1055) à:

— Nummulites.
— Orthophragmines.
— Rotalidés.
— Globigérines.
— Milioles.
— Lithothamniées.

Dans la partie orientale de la Loma de Poyales, le Paléocène est aussi bien caractérisé et, en remontant d'Est en Ouest vers la crête, on rencontre une faune du Paléocène dans les niveaux marneux (3010) avec:

— *Globorotalia velascoensis.*
— *G.* cf. *acuta.*
— *G. angulata.*
— *Globigerina* sp.

2. Nord du Río Barbate.

Au Nord du Río Barbate, le long du chemin qui suit l'intérieur de l'arc de Las Cabras, au Sud de l'extrémité méridionale de Las Cabras, la série subbétique, décollée sur le Trias, donne une bonne coupe des niveaux du Paléocène. Le profil (fig. 40) a été relevé le long du chemin entre les points de coordonnées: x = 423,2, y = 218,8, et x = 443,3, y = 218,1. Il s'agit d'un ensemble à dominante marneuse, raboté sur le Trias, et qui fait suite au Sénonien. On a ainsi une idée de la succession de la série paléocène, avec ses bancs de calcaires gréseux (souvent avec des figures de charge à la base) intercalés dans des marnes grises ou blanches.

A la base, le Paléocène est daté selon J. Magné (2873) par:

— *Globorotalia aequa.*
— *Globorotalia velascoensis.*
— *Globigerina* sp.

et plus haut (2874) on trouve le Paléocène élevé avec:

— *Globorotalia velascoensis.*
— *Globorotalia aequa.*
— *Globorotalia rex.*
— *Globigerina* sp.

3. Autres affleurements.

Le Paléocène a pu être daté en de nombreux points de la zone cartographiée en particulier:

A l'Est de Paterna (x = 407,3; y = 216,5) les marnes contiennent une microfaune paléocène (2655) avec:

— *Globorotalia acuta.*
— *Globorotalia aequa.*
— *Globorotalia velascoensis.*

A l'Ouest de Paterna (x = 403,3; y = 216,3) les marnes grises (2811) ont livré:

— *Globorotalia angulata.*
— *Globorotalia velascoensis.*
— *Globorotalia pseudomenardii.*
— *Globigerina* sp.

Cette association indique le Paléocène supérieur.

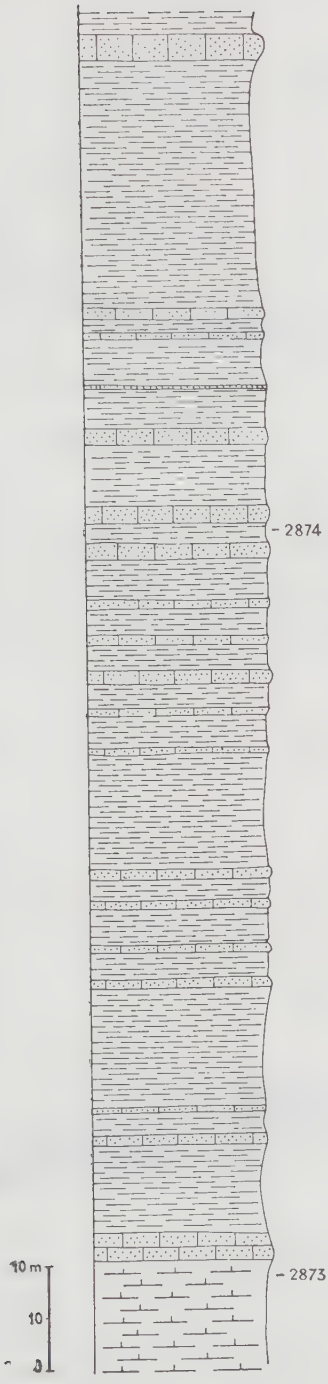


Fig. 40.—Série stratigraphique du Paléocène au Sud du Puerto de las Palomas.
(Les numéros renvoient au texte.)

III. L'Éocène

Au Paléocène fait suite normalement l'Eocène (s. s.). A la base de celui-ci, la sédimentation reste identique à celle du Paléocène, mais passe rapidement vers le haut à des marnes avec des bancs de calcaires organogènes. Les microfaunes qu'elles contiennent permettent de distinguer l'Eocène inférieur, l'Eocène moyen et l'Eocène supérieur.

A. L'Eocène inférieur

Il semble qu'à la base de l'Eocène inférieur, il y ait encore, associés à des marnes grises ou roses, des calcaires gréseux; mais des bancs de calcaires marneux blancs et des niveaux de calcaires grossiers organogènes, passant même à des microconglomérats, remaniant le Paléocène et le Crétacé supérieur sous-jacent, apparaissent rapidement.

1. Loma de Poyales.

a) *Partie occidentale.*

Dans la partie nord de la Loma de Poyales, une coupe de l'Eocène inférieur peut être relevée. Ce dernier fait suite au Crétacé supérieur et au Paléocène. De bas en haut, on rencontre (fig. 41):

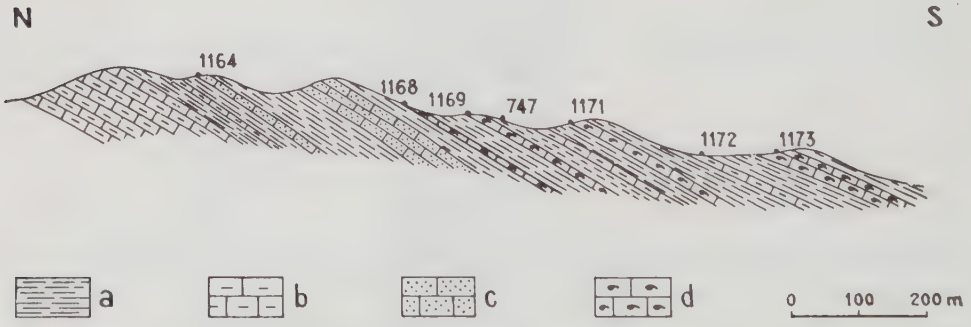


Fig. 41.—Coupe du Crétacé supérieur et de l'Eocène de la partie nord-orientale de la Loma de Los Poyales. (Les numéros renvoient au texte.)

a: Marnes; b: Calcaires marneux; c: Calcaires gréseux; d: Calcaires à grands Foraminifères.

1. Couches rouges du Sénonien à *Globotruncana.*

2. Marnes et calcaires détritiques du Maestrichtien supérieur, montrant des figures de ravinement, à (1164):

— *Globotruncana stuarti.*
— *Globotruncana stuartiformis.*
— *Globotruncana contusa.*
— *Navarella joaquini.*

3. Calcaires gréseux en dalles de la base du Paléocène, surmontés de marnes et calcaires gréseux, encore paléocènes.

4. Des marnes contenant des plaquettes de calcaires organogènes (1168) à:

— Nummulites.
— Discocyclines.
— Operculines.
— Assilines.
— *Cuvillierina* sp.

et remaniant des *Navarella,* des galets de Crétacé supérieur et des morceaux de tests d'Inocérames.

5. Des calcaires détritiques (1169) à:

— Nummulites.
— Assilines.
— Operculines.
— Discocyclines.
— Alvéolines sp.
— Rotalidés.

Ces calcaires sont interstratifiés dans des marnes de l'Eocène inférieur (747) à:

— *Globorotalia aragonensis.*
— *Globigerina* sp.

6. Des marnes et des calcaires organogènes (1171) à:

— Nummulites.
— Assilines.
— Orthophragmines.
— Rotalidés.
— Héterohélicidés.
— Globigérines.
— Algues.
— Et débris d'Oursins.

7. Des marnes et calcaires marneux (1172) à:

— *Globigerina* sp.
— *Globorotalia* sp.

8. Des bancs de calcaires organogènes de l'Yprésien (1173) à
— Orthophragmines.
— Nummulites.
— Operculines.
— Assilines.
— Alvéolines et Flosculines.
— Rotalidés.
— Débris d'Algues...

associés à des marnes (748) à
— *Globorotalia aragonensis.*
— *Globorotalia bullbrooki.*
— *Globigerina* sp.

9. Des marnes blanches et grises (749) à :
— *Globorotalia aragonensis*

et des calcaires organogènes (1174) à :
— Orthophragmines.
— Nummulites.
— Assilines.
— Alvéolines.
— Milioles.
— *Cuvillierina* sp.
— Rotalidés.

b) *Partie septentrionale.*

Dans la partie septentrionale de la Loma de Poyales (fig. 39), à la suite des couches paléocènes et des premiers niveaux organogènes (1055) décrits plus haut, les marnes (708) ont livré :
— *Globigerina soldadoensis.*
— *Globigerina linaperta.*
— *Globorotalia* cf. *aequa.*
— *Globorotalia* cf. *rex.*
— *Globorotalia bullbrooki.*
— *Globorotalia* cf. *spinulosa.*
— *Globorotalia* sp.

C'est-à-dire une microfaune de l'Eocène inférieur, associée d'ailleurs

à d'autres niveaux de calcaires organogènes (1056), sans doute yprésiens et contenant :

— Nummulites.
— Orthophragmines.
— Assilines.
— Globigérines.
— Milioles.
— Alvéolines.
— Rotalidés.
— Lithothamniées.

c) *Partie méridionale.*

Dans la partie méridionale de la Loma de Poyales, au-dessus des couches paléocènes, la coupe se poursuit par des marnes blanches et grises contenant des bancs de calcaires grossiers et de calcaires marneux.

A la base, on trouve des niveaux de l'Eocène inférieur (2910) avec :

— *Globorotalia aragonensis.*
— *Globorotalia* cf. *bullbrooki.*

Plus haut les marnes ont livré des faunes de l'Yprésien supérieur ou du Lutétien inférieur avec :

— *Globorotalia* cf. *bullbrooki.*
— *Globorotalia aragonensis.*
— *Globorotalia aspensis.*

2. Nord du Río Barbate.

La coupe du Paléocène décrite précédemment (fig. 40) se poursuit par les niveaux de l'Eocène inférieur ; on rencontre des calcaires organogènes et des calcaires marneux, interstratifiés dans les marnes qui ont fourni des microfaunes de l'Eocène inférieur. En particulier en $x = 423{,}6$; $y = 217{,}9$ un lavage (522) a fourni :

— *Globorotalia spinulosa.*
— *Globorotalia aragonensis.*
— *Globorotalia rex.*
— *Globorotalia* sp.
— *Globigerina* sp.

et un peu plus haut, toujours dans les niveaux marneux (521), on trouve :

— *Globorotalia aspensis.*
— *G. bullbrooki.*

— *G. aragonensis.*
— *Globigerina lozanoi.*
— *Globigerina* sp.
— *Cibicides* sp.

3. Autres affleurements.

L'Eocène inférieur a été daté en de nombreux points de la feuille d'Algar, ainsi que sur celle de Paterna de Rivera. Sur cette dernière, citons seulement des marnes (999) à la sortie ouest de Paterna (x = 403,6 ; y = 217,2) avec :

— *Globorotalia rex.*
— *Globorotalia aragonensis.*

B. L'Eocène moyen

L'Eocène moyen semble faire suite normalement à l'Eocène inférieur. Il n'a été caractérisé qu'en un petit nombre de points situés sur la feuille au 50.000 d'Algar et sur celle de Paterna. Cependant, il semble qu'on puisse ailleurs rattacher à l'Eocène moyen des marnes blanches associées à des calcaires organogènes à grands Foraminifères et à des calcaires gréseux jaunes.

1. Loma de Poyales.

Sur le flanc méridional de la Loma de Poyales, faisant suite aux couches de l'Eocène inférieur, on trouve des marnes blanches associées à des calcaires organogènes de couleur grise à grands Foraminifères et à des calcaires gréseux jaunes. Les marnes (2898) contiennent une faune du Lutétien inférieur avec :

— *Globorotalia bullbrooki.*
— *Globorotalia aragonensis.*
— *Globigerina* sp.

et un peu plus haut (2905) :

— *Globorotalia aragonensis.*
— *Globorotalia bullbrooki.*
— *Globigerina* sp.
— *Globigerapsis* cf. *index.*

2. Est de Las Cabras.

L'Eocène moyen a été mis en évidence à l'Est de la Sierra de Las Cabras en deux points :

— Au Sud de la route Jerez-Puerto de Galiz (x = 425,3 ; y = 225,8), on peut voir des marnes blanches avec des calcaires organogènes, légèrement gréseux, de teintes grise et jaune. Les marnes (845) ont livré :

— *Catapsydrax* aff. *dissimilis.*
— *Globorotalia aspensis.*
— *G. bullbrooki.*
— *Globigerina* cf. *lozanoi.*
— *G. yeguaensis.*
— *G.* sp.

— Au Sud du Cerrillo del Viento (x = 425 ; y = 222,3), des marnes blanches (547) contiennent aussi une microfaune de l'Eocène moyen avec :

— *Hantkenina lehneri.*
— *H.* cf. *dumblei.*
— *Globigerapsis index.*
— *Globigerina finlayi.*
— *G.* cf. *yeguaensis.*
— *Catapsydrax* cf. *dissimilis.*
— *C.* sp.
— *Cibicides cushmani.*
— *Globorotalia bullbrooki.*
— *G. lehneri.*
— *G. topilensis.*
— *G.* cf. *aragonensis.*

3. Ouest de la Sierra de Dos Hermanas.

On peut observer les couches de l'Eocène moyen à l'Ouest de la Sierra de Dos Hermanas, dans la série supérieure du Subbétique décollée sur les termes inférieurs (Jurassique et Crétacé inférieur). Il s'agit de calcaires marneux blancs et de marnes et de marno-calcaires blancs ou roses.

Les marnes (876) ont fourni (x = 414,7 ; y = 227,9) une microfaune du Lutétien élevé avec :

— *Catapsydrax dissimilis.*
— *Globigerina yeguaensis.*
— *Globorotalia* cf. *bullbrooki.*

4. Feuille d'Algar.

Une belle microfaune du Lutétien a pu être dégagée, au Sud-Ouest de Paterna, dans le Cerro Tajo (x = 403,5 ; y = 216,3), au sein de marnes blanches (2812) associées à des calcaires organogènes et à des calcaires gréseux jaunes. On y rencontre :

— *Globorotalia topilensis.*
— *G. aragonensis.*
— *G.* cf. *bullbrooki.*
— *Globigerina linaperta.*
— *G.* cf. *yeguaensis.*
— *Globigerapsis* sp.

5. Feuille de Medina-Sidonia.

A 2 km. au Nord-Est de Chiclana de la Frontera, des vignes sont cultivées sur les marnes blanches associées à des calcaires organogènes qui montrent (3023) :

— Globigérines.
— *Globorotalia* sp.
— Orthophragmines dont *Asterodiscus* et Discocyclines,

c'est-à-dire une association à cachet lutétien.

C. L'Eocène supérieur

L'Eocène supérieur subbétique n'a pu être caractérisé avec certitude qu'en quelques points. Il semble qu'il faille lui rapporter un ensemble de marnes blanches, quelquefois bleues, avec des petits bancs de calcaires marneux blancs et quelques bancs de calcaires organogènes, légèrement gréseux, à grands Foraminifères. Les affleurements décrits ci-après proviennent du Nord-Ouest de la feuille d'Algar et du Sud-Est de la feuille de Paterna.

Au Sud de la Sierra del Valle affleurent des marnes (704) contenant des bancs de calcaires gréseux et glauconieux à Nummulites, Orthophragmines, Alvéolines, qui renferment une microfaune très riche de l'Eocène supérieur avec :

— *Globigerapsis index.*
— *Globorotalia cocoaensis.*
— *G. topilensis.*
— *G.* cf. *bullbrooki.*
— *Globigerina ouachitaensis* var. *senilis.*
— *G. yeguaensis.*
— *G.* sp.
— *Catapsydrax dissimilis.*
— *Hantkenina alabamensis.*
— *Cibicides cushmani.*
— *C.* sp. ...

Au Sud de la retenue du Guadalcacín, l'Eocène supérieur a pu être caractérisé dans les marnes blanches (715) par :

— *Globorotalia cocoaensis.*
— *Hantkenina alabamensis.*
— *Catapsydrax dissimilis.*
— *Globigerina ouachitaensis* var. *senilis.*

Une microfaune de même âge a aussi été observée au Nord-Ouest de San José del Valle (x = 412,2 ; y = 217), dans des marnes blanches (734) associées à des calcaires marneux blancs. On y rencontre :

— Globigérines
— *Globorotalia cocoaensis.*
— *Bolivina* sp.
— Radiolaires.

Enfin, à l'Ouest de Paterna de Rivera (x = 404,2 ; y = 216,8), on trouve aussi l'Eocène supérieur dans les marnes bleu-clair ou blanches à :

— *Catapsydrax dissimilis.*
— *Globigerina* cf. *rohri.*
— *Globorotalia centralis.*
— *Cibicides cushmani.*

IV. L'Oligocène

L'Oligocène subbétique a pu être mis en évidence en plusieurs points des feuilles de Paterna de Rivera et d'Algar. Toutefois, comme la plupart des échantillons ont été récoltés dans des champs labourés, il est difficile de reconstituer la succession lithologique de cette formation. Il n'y a que dans

la Loma de Carriles que l'on peut suivre d'une manière continue le passage de l'Eocène à l'Oligocène ; mais là encore la végétation masque le détail de la succession des couches.

1. Loma Carriles.

Allongée du Nord-Ouest vers le Sud-Est, la Loma Carriles est située au Sud-Ouest de la partie méridionale de l'arc de Las Cabras. Du point de vue structural, ce chaînon correspond à un synclinal crétacé et tertiaire décollé sur le Trias marno-gypsifère ; il se termine périclinalement dans sa partie nord-orientale.

Dans le flanc nord, on retrouve le Crétacé supérieur et le Paléocène avec des faciès analogues à ceux des coupes précédentes ; puis viennent des calcaires à grands Foraminifères, des marno-calcaires et des marnes de l'Eocène. Dans le coeur du synclinal, la coupe se poursuit par des calcaires marneux et des marnes, qui ont livré une microfaune pélagique (801) d'âge oligocène avec :

— *Catapsydrax dissimilis.*
— *Globigerina venezuelana.*
— *G.* aff. *ampliapertura.*
— *Globorotalia* gr. *opima.*
— *Planulina renzi.*

2. Nord du Río Barbate.

Au Sud-Est de la Loma de Carriles, on trouve le Trias surmonté par un affleurement de marnes blanches. Le Río Barbate traverse cette série. Au Nord de ce río, les marnes pélagiques blanches (552) affleurent largement. Elles contiennent une microfaune de Globigérines oligocènes très abondantes :

— *Catapsydrax dissimilis.*
— *Globigerina venezuelana.*
— *G.* aff. *ampliapertura.*
— *G.* cf. *opima.*
— *G.* sp.,

associés à d'autres organismes moins fréquents :

— *Stilostomella* (épineux).
— *Uvigerina rustica.*
— *Pullenia bulloides.*
— *Cassidulina* cf. *subglobosa.*

— *Cassidulinoides* sp.
— *Planulina renzi.*
— *Osangularia* sp.
— *Vulvulina* sp.
— *Cibicides cushmani.*
— *Pleurostomella* sp.
— *Anomalina* cf. *dorri.*
— *Gyroidina* sp.

3. Garganta de las Viñas.

Au Sud du ruisseau de las Viñas (x = 415,3 ; y = 217,2), les marnes blanches (619) sont bien développées et renferment une microfaune pélagique de l'Oligocène élevé avec :

— *Catapsydrax dissimilis.*
— *Globigerina* cf. *venezuelana.*
— *G.* sp.
— *Globoquadrina* sp.
— *Planulina* cf. *renzi.*

Ces marnes sont associées à des calcaires gréseux en petits bancs de couleur gris-clair, quelquefois à patine rouge. Outre le quartz, ces calcaires renferment un peu de glauconie et contiennent aussi des Globigérines et des débris d'Algues.

4. Autres Affleurements de la Feuille d'Algar.

a) *Loma de Poyales.*

L'Oligocène a pu aussi être mis en évidence dans l'extrémité occidentale de la Loma de Poyales, dans des niveaux de marnes blanches (774) à reflets bleus qui se débitent en petits fragments arrondis et qui contiennent :

— *Globigerina dissimilis.*
— *G.* aff. *ampliapertura.*
— *G. sp.*
— *Lenticulina* sp.

b) *Sud de la Sierra del Valle.*

A l'Est de l'affleurement de Miocène supérieur de l'extrémité méridionale de la Sierra del Valle, les marnes blanches (2368) contiennent des pe-

tits niveaux de calcaires marneux, renfermant une microfaune de l'Oligocène élevé avec :

— *Catapsydrax dissimilis.*
— *Globigerina* sp.
— *Globigerinoides* sp.
— *Globoquadrina* sp.
— *Globorotalia mayeri.*

5. Feuille de Paterna de Rivera.

a) *Nord de Paterna.*

De part et d'autre de la route de Paterna à Arcos (x = 405 ; y = 221,2), on trouve des marnes blanches, des calcaires gréseux blancs et des calcaires organogènes.

Les marnes situées à l'Est de la route contiennent une microfaune très adondante avec :

— *Catapsydrax dissimilis.*
— *Globigerina venezuelana.*
— *G.* sp.
— *Globorotalia opima.*
— *G.* sp.
— *Gyroidina girardana* var. *perampla.*
— *Cibicides cushmani.*
— *C. perlucidus.*
— *Anomalina illingi.*
— *Stilostomella verneuilli.*

b) *Sud de Torrecera.*

Au Sud du Cerro de Torrecera (x = 397,8 ; y = 221,4), les marnes blanches du Subbétique contiennent aussi une microfaune pélagique de l'Oligocène avec

— *Catapsydrax dissimilis.*
— *Globorotalia* gr. *opima.*
— *Globigerina venezuelana.*
— *G.* sp.
— *Globoquadrina* sp.

Ces marnes renferment en outre des calcaires marneux à petits silex de couleur verte.

c) *Nord-Ouest de la lagune de Taraje.*

L'Oligocène très élevé ou peut-être déjà le Miocène inférieur se rencontre aussi dans l'Ouest de la feuille de Paterna (x = 385,3; y = 220,5). Une microfaune pélagique à :

— *Globorotalia mayeri.*
— Globigérines,

a pu être récoltée dans les niveaux marneux blancs (993) qui reposent sur le Trias marno-gypsifère.

6. Conclusion.

C'est seulement à la Loma Carriles que l'on peut voir le passage continu de l'Eocène à l'Oligocène. Mais il semble bien qu'il doive en être de même pour les autres affleurements d'Oligocène. L'Oligocène franc et l'Oligocène élevé ont pu être mis en évidence, sans qu'il soit possible de pousser plus loin les subdivisions. Du point de vue lithologique, la base de l'Oligocène est marneuse; elle renferme des bancs de calcaires marneux et des niveaux de calcaires organogènes. La partie supérieure comporte des marnes associées à des calcaires gréseux et des bancs de grès à quartz hyalins.

V. Le Miocène inférieur

Ce n'est que sur la feuille au 1 : 50.000 de Paterna de Rivera qu'a pu être mis en évidence le Miocène inférieur subbétique. Comme la plus grande partie des affleurements de Secondaire et de Tertiaire subbétique sont cultivés, il est assez difficile de faire la distinction entre les niveaux blancs appartenant au Tertiaire subbétique et ceux appartenant aux "Moronites". Néanmoins, on peut avoir quelque certitude sur l'appartenance au Subbétique des deux affleurements décrits ci-après :

1. Au Sud-Est de Torrecera.

Le Miocène inférieur a été rencontré à l'Est du Salado de Paterna (x = 401,6; y = 223,3), dans les couches subbétiques, orientées du Sud-Ouest vers le Nord-Est et qui semblent chevaucher à l'Ouest les Moronites; ces dernières étant orientées du Nord-Ouest vers le Sud-Est.

Il s'agit de marnes blanches, situées dans le prolongement d'une petite carrière contenant des marnes et des calcaires gréseux légèrement glauco-

nieux et renfermant des Globigérines. Les marnes (1019) ont fourni une microfaune pélagique du Miocène inférieur peut-être basal avec :

— *Globoquadrina* sp.
— *Catapsydrax dissimilis.*
— *Globigerina venezuelana.*
— G. cf. *bulloides.*
— Radiolaires.

2. Cortijo de los Isletes Altos.

Enfin, près du Cortijo de los Isletes Altos (x = 402,7 ; y = 221,7), les niveaux marneux blancs du Subbétique (1000) contiennent aussi une microfaune du Miocène inférieur avec :

— *Catapsydrax dissimilis.*
— *Globigerina* sp.
— *Globigerinoides triloba* (rares).
— *Globoquadrina* sp.

VI. Le Tertiaire de la Sierra de Gibalbín

Au Crétacé supérieur subbétique de la Sierra de Gibalbín font suite des couches tertiaires, formées de marnes et de marno-calcaires avec quelques niveaux organogènes. Dans ces niveaux ont pu être mis en évidence le Paléocène et une partie de l'Eocène.

Au Paléocène correspondent des bancs de calcaires gréseux, alternant avec des marnes (2465) contenant :

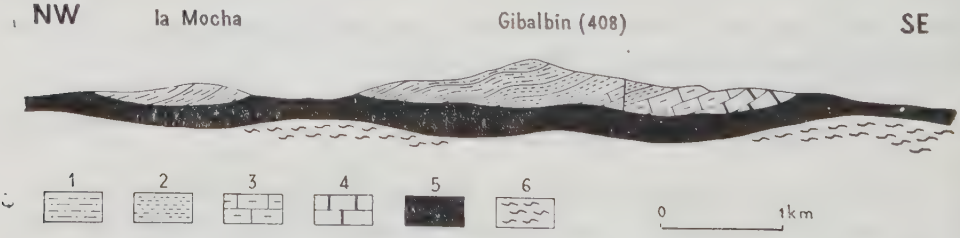


Fig. 42.—Coupe de la Sierra de Gibalbin.

1 : Tertiaire ; 2 : Crétacé supérieur ; 3 : Crétacé inférieur ; 4 : Jurassique ; 5 : Trias ; 6 : "Moronites".

— *Globorotalia velascoensis.*
— *G. angulata.*
— *G.* cf. *acuta.*
— *G. compressa.*
— *Globigerina triloculinoides.*

L'Eocène inférieur a été rencontré dans des marnes (2471) à :

— *Globorotalia aragonensis.*
— *G. bullbrooki,*

et un peu plus haut avec :

— *Globorotalia bullbrooki.*
— *G. aragonensis.*
— *G. caucasica.*

L'Eocène moyen (?) correspond peut-être à des niveaux à :

— *Globorotalia aragonensis.*
— *G.* gr. *bullbrooki.*
— *Globigerapsis index.*

Enfin le Lutétien supérieur-Bartonien a pu être caractérisé dans des marnes (2576) à :

— *Globorotalia centralis.*
— *G.* cf. *cocoaensis.*
— *G.* cf. *topilensis.*
— *Globigerina ouachitaensis* var. *senilis.*
— *G. yeguaensis.*
— *Catapsydrax dissimilis.*

Ainsi la Sierra de Gibalbin, qui est l'affleurement le plus septentrional du Subbétique de l'Ouest des Cordillères bétiques, renferme, sous des faciès analogues à ceux des régions plus méridionales, une série stratigraphique presque complète du Secondaire et du Tertiaire.

VII. Conclusion

De l'étude des coupes et des affleurements précédents, il résulte que la sédimentation dans le domaine subbétique semble s'être poursuivie d'une manière apparemment continue depuis le début du Tertiaire jusqu'au Miocène inférieur. Aucun échantillon de Subbétique n'a donné un âge plus récent. Est-ce à dire que la sédimentation se soit interrompue à cette épo-

que? La stratigraphie ne donne pas de réponse, aussi reprendrons-nous cette question plus loin (1).

Quant à la puissance totale du Tertiaire subbétique, en l'absence de coupes complètes, il est difficile de se prononcer. Toutefois une épaisseur de 200 à 300 m. semble raisonnable.

Du point de vue lithologique, le Tertiaire débute avec des bancs de calcaires gréseux gris et des marnes du Paléocène: il se poursuit pendant l'Eocène par des marnes, des calcaires marneux et des calcaires organogènes, avec cependant des calcaires gréseux jaunes à l'Eocène moyen. L'Oligocène comporte des marnes et des marno-calcaires, quelquefois à silex à la base, avec des marnes, des calcaires gréseux et des grès au sommet. Le Miocène inférieur semble présenter des faciès comparables à ceux de l'Oligocène supérieur, avec des marnes et des calcaires gréseux gris.

VIII. Liste des microfaunes du Tertiaire Subbétique

A. Microfaune de l'Eocène

Miliolidae.
Lagenidae.
Heterohelicidae.
Buliminidae:
Bolivina sp.
Rotaliidae.
Globigerinidae:
Catapsydrax dissimilis (CUSHMAN et BERMÚDEZ).
Globigerina ampliapertura BOLLI.
Globigerina aspensis COLOM.
Globigerina finlayi BRONNIMANN.
Globigerina linaperta FINLAY.
Globigerina lozanoi COLOM.
Globigerina ouachitaensis var. *senilis* BRADY.
Globigerina rohri BOLLI.
Globigerina soldadoensis BRONNIMANN.

(1) Notons dès maintenant que cette sédimentation a pu se poursuivre par le dépôt des moronites, qui ont d'ailleurs pu commencer à se sédimenter plus tôt, vers le Nord, dans la zone du Guadalquivir.

Globigerina triloculoides PLUMMER.
Globigerina yeguaensis WEINZIERL et APPLIN.
Globigerina sp.
Globigerapsis index (FINLAY).
Globigerapsis sp.

Hantkeninidae :

Hantkenina alabamensis CUSHMAN.
Hantkenina dumblei WEINZERL et APPLIN.
Hantkenina lehneri (CUSHMAN et JARVIS).
Hantkenina sp.

Globorotaliidae :

Globorotalia acuta TOULMIN.
Globorotalia aequa CUSHMAN et RENZ.
Globorotalia angulata (WHITE).
Globorotalia aragonensis NUTTAL.
Globorotalia bullbrooki BOLLI.
Globorotalia caucasica GLAESSNER.
Globorotalia centralis CUSHMAN et BERMÚDEZ.
Globorotalia cocoaensis CUSHM.
Globorotalia compressa (PLUMMER).
Globorotalia pseudomenardii BOLLI.
Globorotalia rex MARTIN.
Globorotalia spinulosa CUSHMAN.
Globorotalia topilensis (CUSHMAN).
Globorotalia velascoensis (CUSHMAN).
Globorotalia sp.

Anomalinidae :

Cibicides cushmani NUTTAL.
Cibicides sp.
Planulina renzi CUSHMAN et STAINFORTH.

Orbitoididae :

Discocyclina sp.
Asterodiscus sp.

Nummulitidae :

Nummulites sp.
Operculina sp.
Heterostegina sp.
Assilina sp.

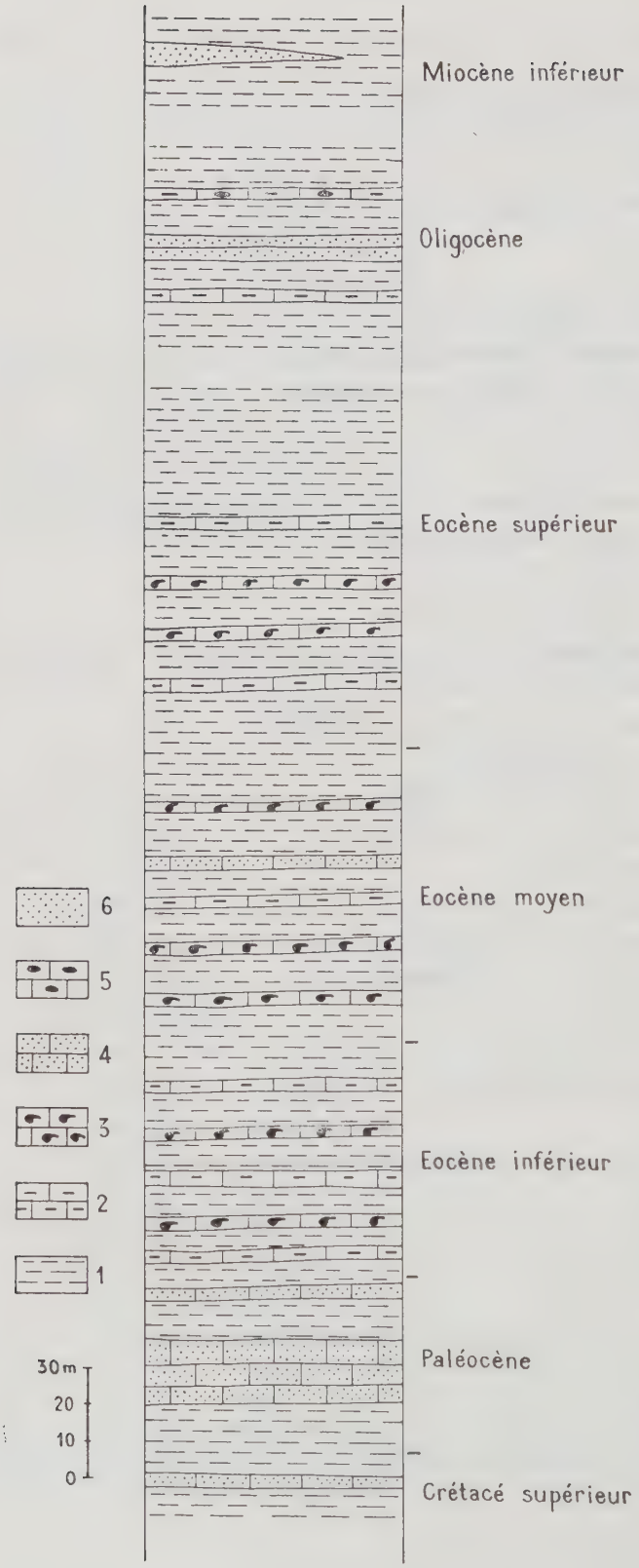


Fig. 43.—Série stratigraphique du Tertiaire subbétique.
1 : Marnes ; 2 : Calcaires marneux ; 3 : Calcaires organogènes ; 4 : Calcaires gréseux ; 5 : Calcaires à silex ; 6. Grès.

Alveolinidae :
Alveolina sp.
Flosculina sp.
Elphidiidae :
Cuvillierina sp.

B. Microfaunes de l'Oligocène et du Miocène inférieur

Catapsydrax dissimilis (CUSH. et BERM.).
Catapsydrax sp.
Globigerina ampliapertura BOLLI.
Globigerina cf. *bulloides* d'ORBIGNY.
Globigerina venezuelana HEDBERG.
Globigerina sp.
Globigerinoides triloba REUSS.
Globorotalia gr. *opima* BOLLI.
Globorotalia mayeri CUSHMAN et ELLISOR.
Planulina renzi CUSHMAN et STAINFORTH.
Anomalina illingi (NUTTAL).
Anomalina sp.
Globoquadrina sp.
Gyroidina girardana var. *perampla* CUSHMAN et STAINFORTH.
Cibicides cushmani NUTTAL.
Cibicides perlucidus NUTTAL.
Cibicides sp.
Stilostomella verneuilli (d'ORBIGNY).
Stilostomella sp.
Uvigerina rustica CUSHMAN et EDWARDS.
Pullenia bulloides d'ORBIGNY.
Cassidulina cf. *subglobosa* BRADY.
Cassidulinoides sp.
Osangularia sp.
Vulvulina sp.
Pleurostomella sp.

CHAPITRE VIII

L'UNITÉ DEL ALGARROBO

I. Généralités

L'unité du Puerto del Algarrobo a été définie (P. CHAUVE, 1960-1962) au Sud de la Sierra de Las Cabras, au Nord-Ouest d'Alcalá de los Gazules. Elle est située entre le Subbétique et la nappe du flysch de l'Aljibe suivant une bande alignée sensiblement du Sud-Ouest vers le Nord-Est. Une coupe partielle en avait été donnée (P. CHAUVE et J. DIDON, 1960), mais la distinction entre une partie inférieure appartenant vraiment à l'unité del Algarrobo et la partie supérieure, qui se place dans la "série de base" de la nappe de l'Aljibe, n'avait pas été faite. En effet, cette unité dont le matériel stratigraphique est essentiellement d'âge crétacé, n'avait pu être distinguée à l'époque, car le Crétacé supérieur de la série de base de la nappe de l'Aljibe (faciès d'argiles bariolées) n'avait pas encore été reconnu. La série stratigraphique de cette unité a été précisée plus tard (P. CHAUVE, J. MAGNÉ et J. SIGAL, 1966). Sa situation paléogéographique sera développée plus loin.

II. Le matériel stratigraphique

Comme nous l'avons dit plus haut, l'essentiel de cette série est d'âge crétacé, et même crétacé supérieur. Les faciès sont différents à la fois de ceux des séries crétacées du Subbétique, de l'unité de Paterna et de la "série de base" de l'Aljibe. Il s'agit d'un ensemble essentiellement marneux de couleur vert-olive, comportant des bancs de marno-calcaires, de microconglomérats et de brèches à silex. On rencontre fréquemment aussi des petites

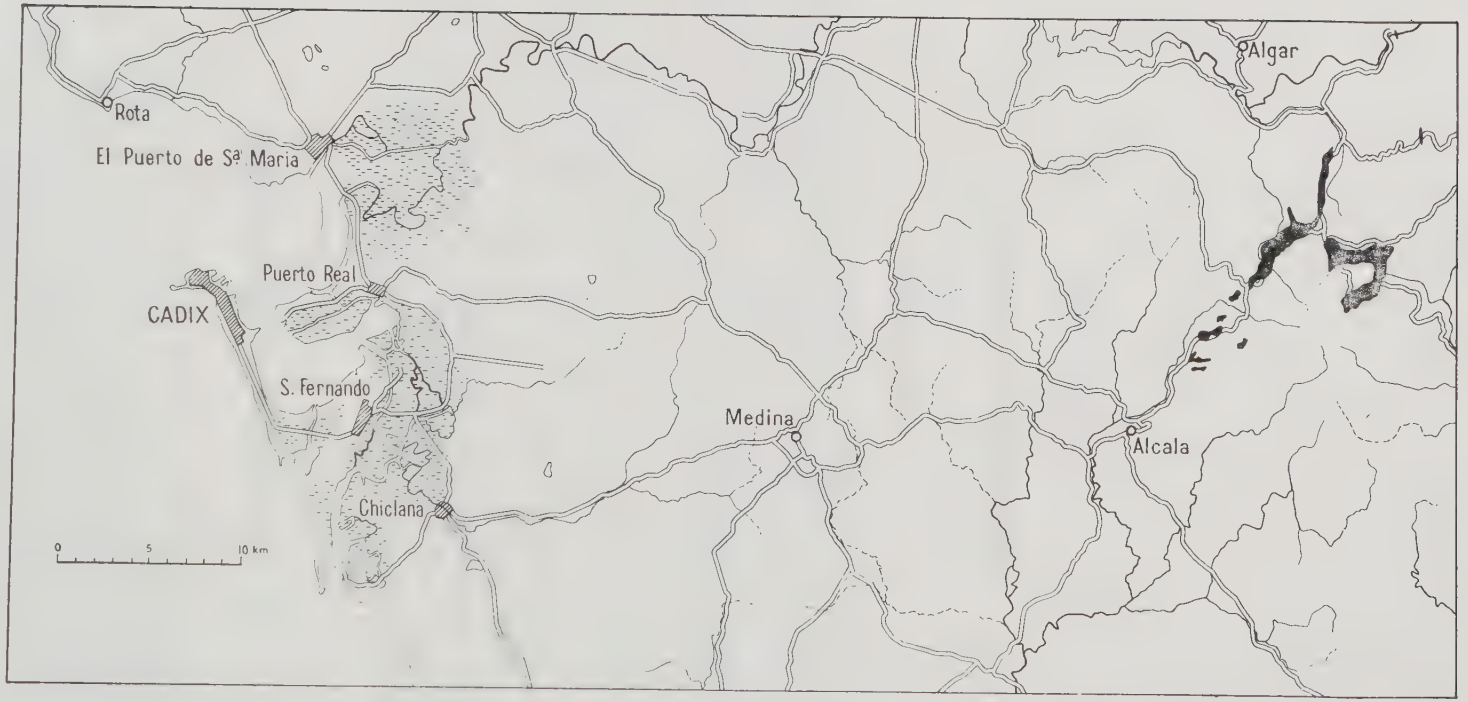


Fig. 44.—Répartition des affleurements de l'Unité del Algarrobo dans la zone cartographiée.

plaques de calcite d'exsudation, témoins des efforts orogéniques qu'a subis cette unité.

a) Coupe du Puerto del Algarrobo.

Le meilleur profil que l'on peut relever se situe à proximité du Puerto del Algarrobo. Ce col est situé au Sud de la Sierra de las Cabras, à une quinzaine de kilomètres à l'Ouest - Nord-Ouest d'Alcalá de los Gazules (feuille d'Algar au 50.000).

La coupe décrite ci-après a été relevée à 200 m. à l'Ouest du croisement de la route d'Alcalá de los Gazules au Puerto de Galiz avec le chemin de Las Cabras. Elle part de la route et descend en contrebas en direction du Nord-Nord-Ouest.

Du bas de la pente jusqu'à la route, on observe la succession suivante :

— Des couches marno-gypsifères, appartenant au Trias subbétique.

— 20 m. de marnes et marno-calcaires verdâtres avec des bancs de 20 à 50 cm. de brèches à silex de couleur vert clair ; les marnes (éch. 3069) comportent :

Globotruncana fornicata.
Gümbelina globulosa.
Gümbelina gr. *striata.*
Globigerinella gr. *aspera.*
Globigerinella messinae.

et sont donc d'âge maestrichtien supérieur.

— 20 m. de marnes et marno-calcaires verdâtres ; ces marnes sont en général azoïques, sauf l'échantillon 3070 qui a livré :

Des Arénacés.
Pseudotextularia (*Gümbelina*) cf. *excolata.*

ces marnes appartiennent probablement au Maestrichtien.

— 15 m. de marnes azoïques, associées à des gros bancs de brèches à silex vert et quelques niveaux calcaires contenant (éch. 3072) :

— *Globotruncana* gr. *stuarti-stuartiformis.*
— *Globotruncana arca.*

— 10 m. de marnes verdâtres, de calcaires argileux et de calcaires organogènes recristallisés. Ces derniers calcaires contiennent (éch. 3074) :

— *Globotruncana caliciformis.*
— *Globotruncana stuarti.*
— *Globotruncana* gr. *arca-convexa.*
— *Globotruncana arca.*

d'âge maestrichtien.

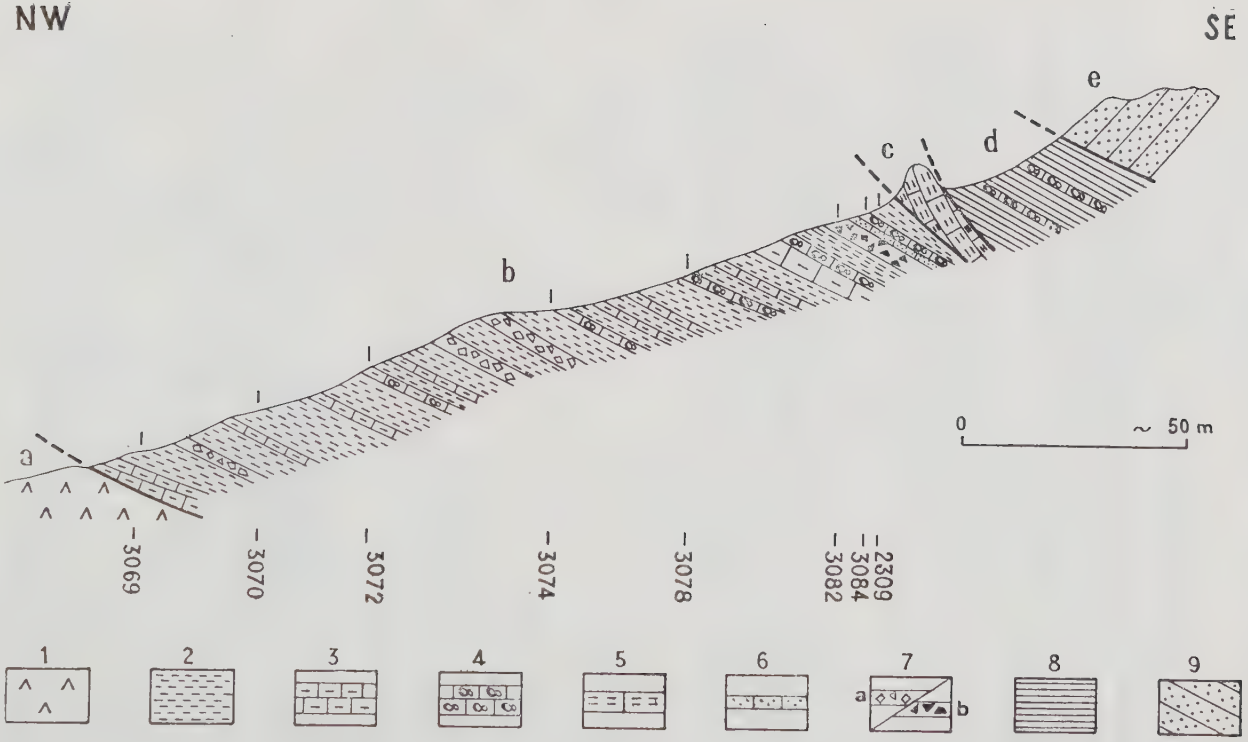


Fig. 45.—Coupe de l'unité del Algarrobo au croisement de la route Alcalá-Puerto de Galiz et du chemin de Las Cabras (feuille d'Algar au 50.000).

a: Trias marno-gypsifère; *b*: Unité del Algarrobo; *c*: Calcaires à débris de Microcodium; *d*: Série de base de l'Aljibe; *e*: Grès de l'Aljibe.—1: Argiles et marnes avec gypse; 2: Marnes vertes; 3: Calcaire marneux; 4: Horizon avec plaquettes à Foraminifères; 5: Calcaires à débris de Microcodium; 6: Grès calcaires; 7 *a*: Brèches à silex; 7 *b*: Brèches; 8: Argiles bariolées; 9: Grès de l'Aljibe. (Les numéros de la coupe renvoient au texte.)

— 10 m. de marno-calcaires gris en petits bancs, intercalés dans des marnes verdâtres. L'ensemble est azoïque.

— 10 m. de marnes vertes, associées à des calcaires argileux gris avec des plaquettes (éch. 3078) à Foraminifères, parmi lesquels on peut reconnaître :

— *Globotruncana* gr. *arca-convexa.*
— *Globotruncana* gr. *stuarti-stuartiformis.*
— *Globotruncana caliciformis.*
— *Globotruncana stuartiformis.*
— et des Hétérohélicidés.

— Un gros banc (1 m.) de calcaire marneux de couleur vert-clair à petites Globigérines, passant à des niveaux à plaquettes à Foraminifères (éch. 3081) contenant :

— *Globotruncana* gr. *arca-convexa.*
— *Globotruncana linnei.*
— *Globotruncana tricarinata.*

associés à des marnes à :

— *Globotruncana convexa.*
— *Globotruncana elevata.*
— *Globotruncana fornicata.*
— *Globotruncana stuartiformis.*
— *Globotruncana* cf. *caliciformis.*
— *Globotruncana tricarinata.*
— *Rugoglobigerina rugosa.*
— *Gümbelina striata.*
— *Gümbelina reussi.*
— *Pseudogümbelina excolata.*

c'est à dire d'âge campanien moyen ou supérieur.

— Sur ces marnes reposent des micro-conglomérats à galets dont le diamètre varie entre quelques millimètres et un centimètre, englobés dans un ciment de calcite recristallisée. Les galets sont formés en majeure partie par des calcaires oolitiques ou par des calcaires argileux dont le faciès rappelle celui de niveaux jurassiques ; l'un d'eux a livré :

— *Crassicollaria parvula.*
— De petites *Calpionella alpina.*
— *Calpionella* sp.
— *Globochaete alpina.*

il appartient donc probablement au Tithonique terminal-Berriasien. Au-dessus, on trouve un grès fin à ciment calcaire.

— Puis viennent des horizons à petites plaquettes de calcaires détritiques en partie dolomitisés, à petits grains de quartz et petits galets de calcaires oolitiques. Le ciment contient des Rotalipora, peut-être d'âge cénomanien. Les marnes qui leur sont immédiatement superposées ont livré une microfaune du Vraconien supérieur (éch. 3084) avec :

— *Ticinella roberti.*
— *Ticinella raynaudi.*
— *Biticinella breggiensis.*
— *Rotalipora appenninica.*
— *Thalmanninella ticinensis.*
— *Rotalipora globotruncanoides.*

— Les marnes qui surmontent cet ensemble, assez peu développées, ont livré (éch. 2309) :

— *Ticinella roberti.*
— *Ticinella raynaudi.*
— *Ticinella primula.*
— *Ticinella praeticinensis.*
— *Biticinella breggiensis.*

appartenant à la base de l'Albien supérieur.

— Ces marnes s'enfoncent sous de gros bancs de calcaire massif à débris de Microcodium dilacérés, qui appartiennent à une unité tectonique supérieure.

Bien que compris entre deux contacts tectoniques majeurs (Trias subbétique à la base, calcaire à débris de Microcodium au sommet) et malgré le renversement de la série stratigraphique, cette coupe de l'unité del Algarrobo est la plus complète que l'on puisse observer dans cette région.

b) Coupe du Cerro del Piojo.

Cette coupe se situe plus à l'Ouest, le long de la route d'Alcalá de los Gazules au Puerto de Galiz (x = 421,3 ; y = 214,6), au Nord-Ouest du Cerro del Piojo.

Les couches étudiées ici reposent sur le Trias marno-gypsifère subbétique et sont surmontées par la nappe de l'Aljibe, qui comporte ici, à la base, un Eocène argileux à bancs calcaires (Eocène de Benaïza) et au sommet, couronnant le Cerro del Piojo, les grès de l'Aljibe. Au Nord de ce Cerro, entre le flysch et l'unité del Algarrobo, s'intercale une lame de Trias, en partie cachée par les éboulis, mais qui s'observe bien le long de la route.

Comme dans la coupe du Puerto del Algarrobo, la série se présente

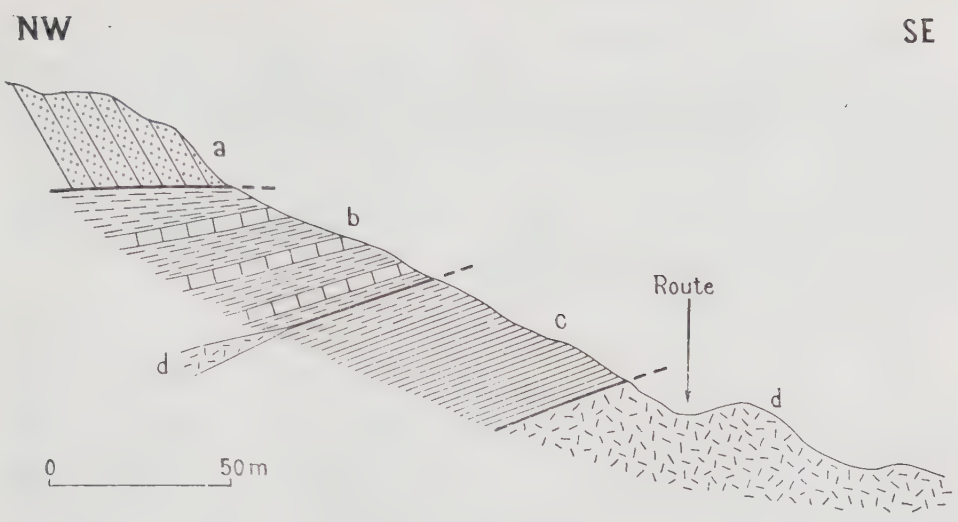


Fig. 46.—Coupe du Cerro del Piojo.

a: Grès de l'Aljibe; *b*: "Eocène de Benaïza"; *c*: Unité del Algarrobo; *d*: Trias marno-gypsifère.

à l'envers; des figures de base de banc le montrent clairement. La série est aussi moins complète et ne renferme que des marnes vertes d'une vingtaine de mètres de puissance, avec des bancs peu épais de calcaire marneux, en partie recristallisé, de couleur vert sombre, dont l'un a livré deux exemplaires de:

— *Inoceramus* sp.

indéterminables spécifiquement, mais que M. Sornay pense être post-cénomaniens. A ces marnes, qui se sont révélées azoïques, sont associées des plaquettes de calcaires à Rosalines du Sénonien. Plus bas, dans les éboulis on rencontre des blocs de brèches à silex.

III. Extension des affleurements

L'unité del Algarrobo peut se suivre, d'une manière discontinue, dans une zone allongée du Sud-Ouest vers le Nord-Est, à travers tout le Nord de la province de Cadix. Il semble que ses affleurements atteignent leur plus grande extension vers l'Est dans la région du Puerto de Galiz, ainsi qu'au Sud-Ouest d'Ubrique.

a) Feuille de Vejer de la Frontera.

Une partie des zones basses, situées à l'Ouest de Vejer de la Frontera, comporte des termes de l'unité del Algarrobo. En effet, sur la route de Vejer de la Frontera au Cap Trafalgar, j'ai pu ramasser, dans une série essentiellement marneuse de couleur vert-olive, des plaquettes à Rosalines du Crétacé supérieur. Le faciès de ces formations est tout à fait comparable à celui de la série crétacée du Puerto del Algarrobo.

b) Feuille de Medina Sidonia.

Sur la feuille de Medina Sidonia, je n'ai observé qu'un seul affleurement de l'unité del Algarrobo, très réduit d'ailleurs. Il se trouve le long de la route de Medina Sidonia à Naveros. On peut y voir des marnes verdâtres et des marno-calcaires blancs et vert-clair, associés à des grès très fins, emballés dans le complexe argileux de l'unité de Paterna. L'ensemble s'est montré azoïque. Il s'agit sans doute d'un copeau de l'unité del Algarrobo, entraîné à la base du Trias marno-gypsifère.

c) Feuille d'Algar.

C'est dans le quart Sud-Est de la feuille d'Algar au 50.000 que l'unité del Algarrobo est la plus développée. Outre la région du Puerto del Algarrobo et du Cerro del Piojo, on peut bien suivre cette unité dans la région du Puerto de Galiz.

— Au Nord de la route d'Alcalá de los Gazules au Puerto de Galiz, près du Cerrillo del Viento, à l'Est d'un pointement d'ophites, entouré par

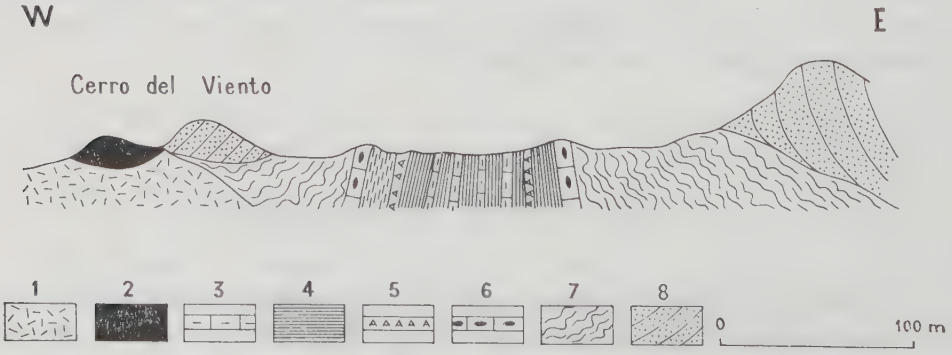


Fig. 47.—Coupe de l'unité del Algarrobo à l'Est du Cerro del Viento. Subbétique : 1, Trias marno-gypsifère ; 2, Ophites.—Unité del Algarrobo : 3, marno-calcaires ; 4, Marnes ; 5, microconglomérats.—Nappe de l'Aljibe : 6, Calcaires à débris de Microcodium ; 7, Série argileuse de base ; 8, Complexe gréseux.

la nappe de l'Aljibe, on peut suivre une coupe partielle de l'unité. Les couches sont verticales et l'on trouve deux fois un niveau de microconglomérat (analogue à celui de la coupe du Puerto del Algarrobo) encadrant une zone centrale renfermant des marnes et des marno-calcaires.

— Au Nord du Puerto de Galiz, le long de la route de Jerez, une bande méridienne de marnes vertes et de marno-calcaires appartenant à l'unité del Algarrobo, affleure sous la nappe de l'Aljibe. Ces couches réapparaissent de la même manière plus au Nord-Ouest, à cinq kilomètres au Sud-Sud-Est du barrage de Los Hurones.

— Au Sud-Est du Puerto de Galiz, dans une grande dépression, là encore l'unité del Algarrobo apparaît sous la nappe de l'Aljibe. A l'Ouest de la route de Jimena, la série del Algarrobo est particulièrement développée et l'on peut voir les marnes vertes associées à des marno-calcaires à plaquettes à Foraminifères renfermant :

— *Globotruncana caliciformis.*
— *Globotruncana arca.*
— Des petites Globigérines.
— Des Gümbélines.
— Des Pseudotextularidés.

du Sénonien supérieur.

Une autre plaquette calcaro-gréseuse, et glauconieuse, provenant de cette formation, contient, outre des débris d'Echinodermes, des grosses Globigérines que M. SIGAL attribue à l'Eocène. On tient peut-être là un témoin des termes supérieurs de cette unité, dans laquelle on ne connaît jusqu'à présent avec certitude que le crétacé.

d) FEUILLES DE CORTES ET D'UBRIQUE.

L'unité del Algarrobo peut s'observer aussi sur la feuille de Cortes de la Frontera, au Nord-Ouest du Peñón du Berrueco, le long de la route d'Ubrique. De part et d'autre de la route, les zones marneuses situées à l'Ouest de la Sierra d'Ubrique montrent des marno-calcaires vert-clair ou blanchâtres et quelques plaquettes à Rosalines du Crétacé supérieur, possédant une grande analogie avec les faciès de l'unité del Algarrobo ; ces faciès se poursuivent sur la feuille d'Ubrique, au Sud du massif de la Silla.

e) Feuille d'Olvera.

Enfin, on doit sans doute rattacher à cette unité les marnes jaune-verdâtres, les marno-calcaires et les horizons à plaquettes à Rosalines qui affleurent au Nord de la route de Ronda à Séville à proximité du kilomètre 85.

IV. Conclusion

Bien que ses affleurements ne soient pas continus, on peut cependant suivre l'unité del Algarrobo à travers tout le Nord de la province de Cadix, de Medina Sidonia à l'Est de Grazalema. Les faciès que l'on observe ont une grande similitude et constamment on retrouve des plaquettes à Rosalines du Crétacé supérieur. La position tectonique de cette unité est souvent complexe, mais elle apparaît presque toujours sous la nappe de l'Aljibe et elle est très souvent liée en plan au Subbétique.

La série stratigraphique de cette unité est assez réduite puisque, au Puerto del Algarrobo où le profil est le plus complet, on trouve seulement l'Albien, le Vraconien, le Cénomanien (?), le Campanien et le Maestrichtien. Aucun niveau plus ancien que l'Albien n'a pu être mis en évidence. Un seul échantillon a donné un âge plus récent que le Maestrichtien : c'est un calcaire gréseux et glauconieux à Globigérines de l'Eocène, trouvé au Sud du Puerto de Galiz en association avec des marnes contenant des plaquettes à Rosalines du Crétacé supérieur.

Quant à l'absence du Turonien, du Coniacien et du Santonien, on peut l'interpréter soit comme résultant d'une lacune dans l'échantillonnage ou bien comme une absence de ces étages dans la série du Puerto del Algarrobo. Un argument plaide en faveur du non-dépôt des couches correspondantes : il s'agit de la présence d'éléments détritiques dans le Cénomanien et de l'existence des grès et de micro-brèches à galets calcaires jurassiques dans les niveaux qui lui sont superposés stratigraphiquement. Il y a là un changement dans la sédimentation, marqué par l'apparition d'éléments détritiques dans une série essentiellement marneuse ou calcaro-marneuse. Sans aller jusqu'à parler de phase tectonique, il semble bien cependant qu'on ait là, le témoin de mouvements qui ont pu se produire à cette époque et qui ont permis l'attaque de niveaux calcaires plus anciens.

Bien qu'il soit difficile de comparer des séries stratigraphiques dont on ne connaît pas tous les niveaux, il y a lieu cependant de faire remarquer l'ori-

ginalité de la série del Algarrobo dont les faciès sont totalement différents des faciès des termes correspondants des unités encadrantes (Subbétique et nappe de l'Aljibe) ainsi que de ceux des autres unités possédant un Crétacé supérieur et affleurant dans la région (Pénibétique et unité de Paterna).

Dans le Subbétique en effet, au-dessus des niveaux de marnes blanches dans lesquelles l'Albien, le Cénomanien, et le Turonien ont pu être datés, viennent des couches marno-calcaires rouges à Rosalines dans lesquelles on rencontre le Coniacien, le Santonien, le Campanien et le Maestrichtien.

Un faciès différent de celui de l'unité del Algarrobo s'observe aussi dans le Crétacé supérieur de la série de base de l'Aljibe : ce sont des argiles rouges contenant des Globotruncana associés à des Arénacés.

Quant au Crétacé supérieur du Pénibétique marno-calcaires rouges et celui de l'unité de Paterna (argiles bariolées analogues à celles de la série de base de l'Aljibe), il présente aussi des faciès différents.

Il convient donc de faire de cet ensemble une unité distincte et d'envisager pour l'unité del Algarrobo une zone paléogéographique particulière.

Sans présumer pour l'instant de la place relative de celle-ci par rapport aux autres domaines, il faut néanmoins rechercher latéralement à quelles unités on peut la rattacher.

Vers l'Est, il ne semble pas qu'on ait signalé de formations analogues plus loin que la vallée du Guadalete, à l'Est de Grazalema. Vers le Sud, par contre il est vraisemblable qu' au Nord-Ouest du Campo de Gibraltar, dans la région d'Almarchal, les couches rapportées à l'unité d'Almarchal par J. DIDON (1966) appartiennent au même ensemble. Enfin les faciès de l'unité del Algarrobo rappellent beaucoup ceux qui ont été décrits dans le Nord du Maroc et qui ont été rangés dans le Sénonien de la zone orientale de l'"Unité de Tanger", par M. DURAND-DELGA et M. VILLAUMEY (1963).

L'unité del Algarrobo est peut être un élément paléogéographique qui peut se retrouver de part et d'autre du détroit de Gibraltar.

CHAPITRE IX

LES MORONITES

I. Historique

Les "moronites" sont des argiles et des marnes à Diatomées. Leur nom provient de la localité de Morón de la Frontera (province de Séville) où elles ont été observées pour la première fois par S. CALDERÓN et M. PAUL en 1886.

Dans la province de Cadix, la présence de ces niveaux a été signalée depuis longtemps, J. GAVALA (1924) figure de nombreux affleurements de moronites sur sa carte géologique de la province de Cadix ; il les désigne par la lettre O', c'est à dire que, comme L. MALLADA et R. DOUVILLÉ, il place ces formations dans l'Oligocène. Plus tard, A. ROBAUX (1929) a consacré une note importante à l'étude des marnes blanches de Sanlúcar de Barrameda (province de Cadix), leur attribuant un âge aquitanien supérieur ou miocène inférieur.

Plus récemment encore, G. Colom a traité du problème des "moronites" et de leur existence à travers le "détroit nord-bétique" (COLOM, 1946 et 1952). Il en conclut que les moronites n'ont pas partout le même âge, que leur sédimentation n'est pas uniforme, mais qu'elles sont localisées uniquement à l'Aquitanien et au Burdigalien.

II. Description

Je ne reprendrai pas ici l'étude détaillée des flores et des faunes des argiles à Diatomées. Celles-ci sont très riches en micro-organismes et ont donné lieu à la publication de listes très abondantes (A. ROBAUX, 1938 ; G. Co-

Fig. 48.—Répartition des affleurements de Moronites dans la zone cartographiée.

LOM et J. GAMUNDI, 1951). On y rencontre des Foraminifères, des Radiolaires, des Silicoflagellés, des Ebriacés, des Diatomées et des Spongiaires. Je me bornerai seulement à l'étude des faunes qui permettent de dater les divers affleurements de cette formation.

Notons tout de suite que si les "moronites" forment un ensemble généralement caractéristique, leur composition lithologique n'est pas uniforme. Le faciès typique de cette formation consiste en des argiles blanches généralement très légères et litées, renfermant de nombreuses Diatomées, mais il n'est pas rare de rencontrer des marnes, des niveaux détritiques et même des calcaires organogènes. Aussi, en certains points, la distinction entre "moronites" et formations subbétiques est-elle parfois délicate. Cette alternance de lits organiques et détritiques laisse supposer que la sédimentation des moronites n'a pas été uniforme.

III. Les affleurements

La figure 48 montre la répartition des affleurements de moronites dans la zone cartographiée On voit que celles-ci sont concentrées sur la feuille de Paterna de Rivera. Mais les argiles à Diatomées s'étendent au Nord en direction du Guadalquivir. La région comprise entre le Guadalete et le Guadalquivir renferme les plus grands affleurements de moronites de l'Ouest des Cordillères bétiques.

1. FEUILLE DE PATERNA DE RIVERA.

a) *Est du Río Salado de Paterna.*

A l'Est du rio, dans les couches orientées du Nord-Ouest vers le Sud-Est, on trouve (x = 401,8; y = 221,1) des argiles blanches à Diatomées (1001), associées à des calcaires gréseux. Les argiles contiennent :

— *Orbulina suturalis.*
— *Globigerinoides triloba.*
— *Globorotalia mayeri.*
— *Globorotalia* sp.
— *Globigerina bulloides.*
— *Globoquadrina altispira.*
— *Globoquadrina* sp.

et correspondent sans doute au Burdigalien supérieur.

Quelques centaines de mètres plus au Nord, des argiles blanches (1003) renferment une riche microfaune du Miocène inférieur avec :

— *Orbulina suturalis.*
— *Globorotalia mayeri.*
— *Globorotalia* sp.
— *Globigerina bulloides.*
— *Globigerinoides triloba.*
— *Globigerinoides irregularis.*
— *Pullenia bulloides.*
— *Nonion pompilioides.*

Au Nord-Est (x = 401, 1 ; y = 223,3), des marnes blanches (1018) sont plus anciennes et ont livré une microfaune de l'Oligocène supérieur avec :

— *Catapsydrax dissimilis.*
— *Globigerina venezuelana.*
— *Globigerina* sp.
— *Cibicides* sp.
— *Uvigerina* sp.

Ces marnes sont associées à des niveaux de calcaires légèrement gréseux en voie de silicification.

b) *Ouest du Salado de Paterna.*

Sur la crête blanche qui domine à l'Ouest la vallée en face de Cabeza de Santa María, des lits bien lités d'argiles blanches (1006) renferment aussi une microfaune du Miocène inférieur avec :

— *Globoquadrina altispira.*
— *Globoquadrina dehiscens.*
— *Globigerinoides triloba.*
— *Globigerina bulloides.*
— *Globigerina* cf. *bollii.*
— *Pullenia bulloides.*

et sont associées à des calcaires organogènes légèrement gréseux.

2. Feuille de Jerez.

a) *Sud de Jerez.*

Le long de la route Jerez-El Portal (x = 381,6 ; y = 233,6), des "moronites" sont exploitées dans une carrière qui permet de voir des couches

renversées plongeant à 30° environ vers le Nord-Ouest. A la base, des argiles et des marnes grises (1040), appartiennent à la base de l'Helvétien à :

— *Globigerina bulloides.*
— *Globigerina globorotaloidea.*
— *Orbulina universa.*
— *Globorotalia* gr. *scitula.*
— *Globorotalia praemenardii.*
— *Bolivina alata.*
— *Pullenia bulloides.*
— *Nonion pompilioides.*

puis viennent des marnes grises ou verdâtres (1036) à :

— *Globorotalia praemenardii.*
— *Globorotalia* sp.
— *Globoquadrina* sp.
— *Globigerina bulloides.*
— *Pullenia bulloides.*
— *Bolivina alata.*
— *Sphaeroidinella* sp.
— *Cibicides pseudoungerianus.*
— *Uvigerina amberiana.*
— *Nonion* sp.

Au-dessus, on trouve des "Moronites" blanches du Burdigalien élevé (1037) à :

— *Globigerina globorotaloidea.*
— *Bolivina alata.*
— *Cibicides pseudoungerianus.*
— *Nonion pompilioides.*
— *Globorotalia praemenardii.*
— *Pullenia bulloides.*

puis viennent des marnes gréseuses légèrement bleuâtres (1038) à :

— *Uvigerina amberiana.*
— *Pullenia bulloides.*
— *Cibicides* sp.
— *Stilostomella* sp.
— *Gyroidina* sp.
— *Bulimina* sp.
— Des Radiolaires.
— Des Spicules d'éponges.

Enfin, à l'Ouest, on rencontre des moronites blanches et légères (1039) qui

s'enfoncent sous le Trias marno-gypsifère. Comme les marnes précédentes, ce niveau renferme une microfaune néogène, sans qu'il soit possible de pousser plus loin la précision. Les résidus de lavage contiennent de très nombreux :

— Radiolaires.
— Spicules d'éponges.
— Diatomées.

associés à une microfaune à :

— *Globigerina bulloides.*
— *Pullenia bulloides.*
— *Nonion pompilioides.*
— *Uvigerina auberiana.*
— *Gyroidina* sp.
— *Stilostomella* sp.

b) *Est de Jerez.*

Le long de la route de Jerez de la Frontera à Cortes, à une dizaine de kilomètres à l'Est de Jerez, les moronites affleurent largement. Au Km. 10,1, les marnes blanches (2752) à Diatomées et spicules ont livré une faune du Miocène inférieur à moyen avec :

— *Globigerina bulloides.*
— *Globigerinoides triloba.*
— *Globorotalia mayeri.*
— *Bolivina scalpata.*
— Cassidulina.

Un peu plus loin (Km. 13,8), le faciès change et l'on passe à des dépôts rythmiques en lits très fins, alternativement sombres et clairs, mais on rencontre toujours des Diatomées, des spicules et des Radiolaires. La microfaune (2753) comporte les espèces décrites dans l'échantillon précédent mais il s'y ajoute :

— *Globorotalia menardii.*

ce qui permet de placer cet affleurement dans le Miocène moyen.

Au Sud de la route (x = 398,9 ; y = 232,2), sur la feuille de Paterna, les moronites s'étendent largement et ont livré (1033) une microfaune d'âge miocène inférieur à moyen avec :

— *Globorotalia mayeri.*
— *Globorotalia praemenardii.*
— *Globigerina bulloides.*

— *Orbulina suturalis.*
— *Globigerinoides triloba.*
— *Globoquadrina dehiscens.*

IV. Remarques sur la sédimentation des «moronites»

La présence de Foraminifères, du type des Globigérines en particulier, nous indique que le milieu de sédimentation était marin. Toutefois, l'association particulière de la flore et de la faune que l'on y rencontre, ainsi que la présence de niveaux détritiques, nous indique que la sédimentation des moronites n'était pas uniforme.

Déjà A. ROBAUX (1938) s'était demandé si ces divers microorganismes avaient pu vivre ensemble: il avait conclu que le mélange de flore et de faune rencontré dans ce type de sédiments était dû à l'action des vents, ainsi, qu'à l'existence de courants de sens opposés, les uns venant du large et apportant le plancton, les autres littoraux, amenant les sédiments et les débris végétaux.

G. COLOM (1952) a observé aussi une alternance de lits grossieers es de lits plus fins. Il explique ce phénomène par l'existence de forts courants marins, venant peut-être de l'Atlantique. Ceux-ci apportaient une grande masse de plancton et arrachaient des Diatomées et les spicules d'Eponges aux zones littorales.

Les quelques affleurements décrits plus haut nous ont montré que la sédimentation était variée, aussi bien à l'échelle de la formation qu'à l'échelle du banc. Nous avons vu que la plupart des échantillons de marnes blanches à Diatomées étaient finement lités. En certains points, comme à l'Est de Jerez de la Frontera, on peut voir à l'échelle du banc une alternance de lits sombres et clairs, rappelant par leur aspect des varves. En particulier l'échantillon 2753 montre une succession de petits lits dont l'épaisseur varie entre un et quelques millimètres. Les uns, riches en petits grains de quartz, sont de couleur sombre; les autres, plus fins, sont formés uniquement de marnes blanches.

Aussi, sans nier l'existence de courants marins apportant le plancton, on peut se demander si cette sédimentation particulière n'est pas le résultat d'une succession de dépôts climatiques dans une mer assez calme, les rythmes saisonniers ayant pu occasionner l'alternance observée de niveaux détritiques et de dépôts très fins.

V. Conclusion

L'étude des différents affleurements de moronites de la province de Cadix nous montre que leur faciès n'est pas uniforme et nous indique ainsi que leur répartition stratigraphique est plus large que l'on ne le croyait jusqu'à présent.

La sédimentation des "moronites" débute probablement à l'Oligocène et se poursuit certainement jusqu'au Miocène moyen.

Avant les grands bouleversements qui ont modifié complètement la paléogéographie des mers gaditanes, il est probable qu'il existait au Nord de la province de Cadix, en avant de la zone subbétique, et sans doute aussi sur une partie du domaine de sédimentation du Subbétique une mer, sans doute peu profonde, dans laquelle des courants venant de l'Atlantique (?) apportaient le plancton, tandis qu'à partir des terres émergées arrivaient, suivant les saisons, des sédiments détritiques ou fins.

Quant à l'existence du "détroit nord-bétique" faisant communiquer la Méditerranée avec l'Atlantique, mes observations, limitées à l'extrémité occidentale des Cordillères bétiques, ne permettent pas de conclure. Pour cela il faudrait être sûr que les affleurements de moronites sont continus et de même âge tout au long de la chaîne.

CHAPITRE X

STRATIGRAPHIE DE LA NAPPE DE L'ALJIBE

I. Introduction

Les affleurements septentrionaux du flysch gaditan atteignent le Nord de la province de Cadix, si bien que la zone cartographiée comprend la limite entre les domaines du Subbétique et du "flysch". Les sédiments à faciès flysch sont particulièrement bien développés dans le Sud de la province de Cadix où ont pu être mis en évidence de nombreuses unités superposées (J. DIDON, 1960). Notons que ces unités se retrouvent de l'autre côté du détroit de Gibraltar, dans le Rif (DURAND-DELGA, HOTTINGER..., 1960-62), et que certaines se poursuivent dans toute l'Afrique du Nord. Dans le Nord-Ouest de la province de Cadix, seule l'unité supérieure des nappes du flysch est présente : il s'agit de la nappe de l'Aljibe qui vient chevaucher le domaine subbétique (P. CHAUVE, 1960 ; P. CHAUVE et J. DIDON, 1960 ; J. DIDON, 1960). Cette nappe est caractérisée par un complexe d'argiles bariolées que j'ai appelé "série de base de l'Aljibe", surmonté par une grande masse de grès, dits de l'Aljibe, complètement décollée.

II. Historique

MAC-PHERSON avait déjà distingué la grande masse des grès de l'Aljibe et les avait placés dans le Miocène (fig. 6) car il en faisait l'équivalent du Miocène de Medina et de Vejer où il avait pu récolter des Pectens. C'est J. GAVALA (1924) qui, le premier, a fait la distinction entre les molasses miocènes et les grès de l'Aljibe. Il a attribué à ces derniers un âge oligocène

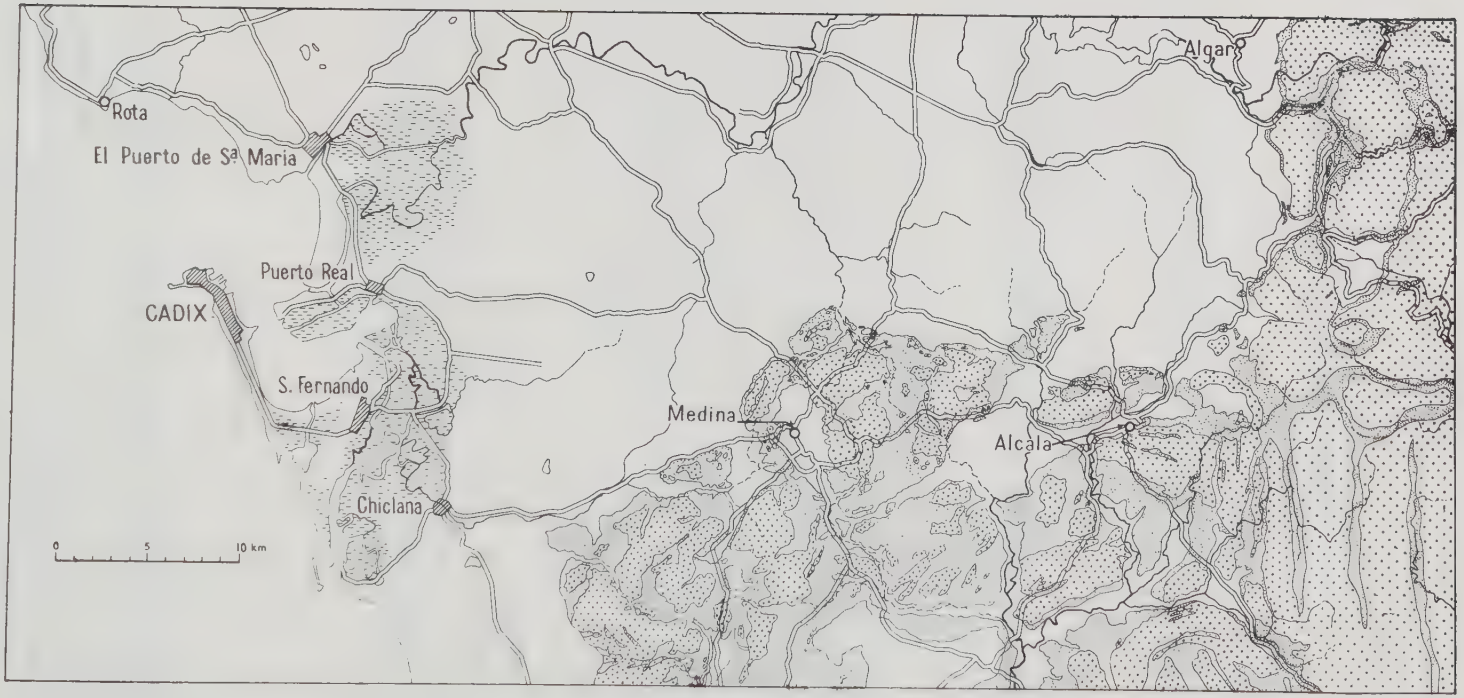


Fig. 49.—Répartition de la nappe de l'Aljibe dans la zone cartographiée.
En gros points, les grès de l'Aljibe ; en petits points, la série argileuse de base.

et les a placés en transgression sur les niveaux plus anciens. Pour M. BLUMENTHAL (1933-1937), ces grès appartiennent au flysch qui s'est déposé en discordance sur les structures mises en place, pour lui, au début de l'Eocène.

III. Description des affleurements

Les affleurements de la nappe de l'Aljibe s'étendent principalement au Sud et à l'Est de la zone cartographiée. Ils prennent une extension considérable dans le Sud de la feuille d'Alcalá et l'Est de la feuille d'Algar. La série de base, sur laquelle les grès sont décollés, chevauche en général la série subbétique et le contact entre les deux unités est le plus souvent souligné par un liseré de Trias. Nous étudierons successivement la série de base, puis les grès de l'Aljibe et enfin le petit massif miocène moyen de los Pájaros, lié à la nappe de l'Aljibe.

A. La série de base de l'Aljibe

Les grès de l'Aljibe sont généralement décollés et reposent le plus souvent par la tranche sur un complexe d'argiles bariolées, qui leur est toujours lié.

Par contre, la base de cet ensemble est presque toujours séparée des autres unités, avec lesquelles elle est en contact, par un contact anormal, marqué en général par une bande de Trias marno-gypsifère, ou quelquefois par des copeaux de calcaires gréseux à débris de Microcodium. Aussi convient-il de placer ces argiles dans la nappe de l'Aljibe (s. l.) et peut-on à juste titre parler de "série de base de la nappe de l'Aljibe".

1. DESCRIPTION LITHOLOGIQUE.

Il s'agit d'argiles fortement colorées, généralement en vert, rouge ou lie-de-vin, mais dont les teintes peuvent varier considérablement d'un affleurement à un autre; ces argiles sont toujours feuilletées et peuvent contenir des petits nodules ferrugineux ainsi que des *Tubotomaculum*. Cependant il est fréquent de rencontrer des plaquettes provenant du démantèlement de niveaux plus durs; ces plaquettes, dont l'épaisseur varie entre un et une dizaine de centimètres, sont exceptionnellement plus épaisses. Elles sont

formées, suivant les points, de grès quartzeux, quelquefois micacés, de couleur jaune sale, de calcaires détritiques organogènes à grands Foraminifères et de microbrèches calcaires. Leur aspect est tout à fait semblable à celui des "argiles numidiennes" d'Afrique du Nord.

2. Les microfaunes.

La plupart des affleurements n'ont pu être datés car ils sont généralement azoïques ou bien renferment seulement des Arénacés dont les plus fréquents sont :

— *Ammodiscus* sp.
— *Bathysiphon* sp.
— *Cyclammina* sp.
— *Glomospira* sp.
— *Haplophragmoides* sp.
— *Trochamminoides* sp.

Il s'y ajoute parfois des Radiolaires et des dents de poissons.

Quelques microfaunes ont cependant pu être dégagées de ces sédiments. Elles sont en général assez pauvres, mais plusieurs prélèvements ont permis de dater, dans cette série d'argiles bariolées, le Crétacé supérieur, l'Eocène et l'Oligocène.

a) *Le Crétacé supérieur.*

Plusieurs affleurements ont livré des Arénacés, associés à une microfaune du Crétacé supérieur. Citons les argiles grises et vertes (896) du Sud-Est de la feuille d'Algar (x = 408,8 ; y = 214,9) renfermant :

— *Globotruncana tricarinata.*
— *Globotruncana* gr. *arca.*
— *Globotruncana fornicata.*
— *Globotruncana* sp.
— Gümbélines.
— Des fragments de tests d'Inocérames.
— Des Arénacés.
(*Ammodiscus,*
Trochamminoides,
Bathysiphon,
Glomospira, ...)

— Au Nord de la Torre Estrella, près de la route de Medina-Sidonia

à Alcalá de los Gazules (x = 405,6 ; y = 210,5), des marnes plastiques gris-olivâtre, légèrement sableuses (563), renferment une microfaune du Crétacé supérieur (sans doute du Maestrichtien) avec :

— *Globotruncana stuarti.*
— *Globotruncana stuartiformis.*
— *Globotruncana fornicata.*
— *Globotruncana* gr. *arca.*
— *Pseudogümbelina excolata.*
— *Pseudogümbelina* sp.
— *Planoglobulina* sp.
— *Involutina* sp.
— *Bathysiphon* sp.
— *Allomorphina* sp.

— Sur la feuille de Medina Sidonia, au Nord de la route Medina Sidonia-Alcalá de los Gazules (x = 404,9 ; y = 209,4), les niveaux de marnes vertes (903) de la base de la colline qui domine la route renferment des Arénacés :

— *Ammodiscus* sp.
— *Bathysiphon* sp.
— *Trochamminoides* sp.

Ces marnes sont associées à des niveaux de calcaires détritiques et sont surmontées de calcaires marneux gris-verdâtre, se débitant en petits prismes. Un lavage (904) a livré une microfaune du Campanien avec :

— *Globotruncana stuartiformis.*
— *Globotruncana lapparenti.*
— *Globotruncana fornicata.*
— *Pseudogümbelina excolata.*
— *Pseudotextularia* cf. *plummerae.*
— *Planoglobulina* sp.

La série se poursuit vers le haut par des argiles et marnes, vertes ou rouges, avec de petites plaquettes de calcaires gréseux. Au sommet de la colline, on retrouve des couches qui semblent passer aux grès de l'Aljibe, avec des niveaux marneux, gréseux et calcaires en petits bancs qui ont fourni une microfaune d'affinités tertiaires (Globigérines et Arénacés).

Au Nord-Ouest de Naveros (Sud de la feuille de Medina Sidonia), les argiles de la série de base renferment des microconglomérats à éléments calcaires et même des bancs de brèches avec des blocs de quelques centimètres

de diamètre ; les éléments sont surtout constitués par des calcaires provenant de différents niveaux du Jurassique, mais on y rencontre d'autres éléments, en particulier des quartzites. Le ciment est gréseux et a livré quelques Rosalines du Sénonien supérieur avec (1794-1795) :

— *Globotruncana stuarti.*
— *Globotruncana stuartiformis.*

b) *Le Paléocène.*

A l'Ouest d'Alcalá de los Gazules, près du Río Barbate (x = 415,2 ; y = 208,7), sous le Quaternaire récent, affleurent des argiles feuilletées (549), gréseuses, gris foncé ou vertes, avec des débris ferrugineux, et renfermant :

— *Globorotalia* cf. *acuta.*
— *Globigerina* sp.
— *Cibicides sp.*
— *Nodosaria* sp.
— *Lenticulina* sp.
— *Bolivinopsis* cf. *spectabilis.*

Cette microfaune, pauvre et mal conservée, et par conséquent difficile à dater, pourrait être selon J. MAGNÉ, du Paléocène. Il convient de placer aussi ici les calcaires à débris de Microcodium qui doivent se placer dans le Paléocène (s. l.), et qui sont décrits plus loin.

c) *L'Eocène.*

— L'Eocène inférieur a pu être caractérisé en plusieurs points de la zone cartographiée, en particulier sur la feuille d'Alcalá de los Gazules (x = = 414,4 ; y = 208). Les marnes gris-verdâtre, associées à des calcaires finement lités et à des calcaires plus grossiers à Nummulites, ont livré une microfaune (560-561) assez riche, mais souvent mal conservée, car écrasée, avec :

— *Globorotalia aragonensis.*
— *Globorotalia acuta.*
— *Globigerina* sp.
— *Cibicides* sp.
— *Bolivinopsis* sp.
— *Clavulinoides* sp.
— *Trochammina* sp.

— Au Sud du Santuario d'Alcalá de los Gazules (x = 412,3 ; y = = 207,3), en contrebas des grès de l'Aljibe, des argiles et marnes ou calcai-

res marneux, légèrement détritiques, de couleur gris clair contiennent (781):

— *Globorotalia aragonensis.*
— *Globorotalia bullbrooki.*
— *Globigerina stainforthi.*
— *Globigerina* sp.
— *Cibicides* sp.
— Des dents de poissons.

Les niveaux marneux (782) qui les surmontent ont livré aussi une faune de l'Eocène inférieur avec:

— *Globorotalia aragonensis.*
— *Globorotalia bullbrooki.*
— *Dentalina* sp.
— *Aragonia* sp.
— *Nodosaria* sp.
— Des Radiolaires.

— L'Eocène moyen a été caractérisé dans des argiles grises et rouges (958) situées à la base des grès de l'Aljibe. Les marnes, prélevées à l'Ouest de Naveros (x = 392,8; y = 197,7), renferment:

— *Globorotalia topilensis.*
— *Globorotalia bullbrooki.*
— *Globorotalia lehneri.*
— *Globigerina* sp.
— *Cyclammina* sp.

— Enfin, une belle microfaune de Lutétien supérieur (948) avec:

— *Globorotalia centralis.*
— *Globorotalia topilensis.*
— *Globigerina yeguaensis.*
— *Catapsydrax dissimilis.*
— *Porticulasphaera mexicana.*

a été trouvée au Nord-Ouest de Medina Sidonia, à la limite du Miocène post-nappe (x = 398,1; y = 211,9).

Dans ces niveaux argileux, on rencontre aussi des blocs de conglomérats à ciment gréseux et à galets calcaires ou quartzitiques. Ces conglomérats se sont révélés azoïques, mais sont associés aux argiles éocènes décrites ci-dessus.

d) *L'Oligocène.*

L'Oligocène n'a pu être daté avec certitude dans la série de base de la nappe de l'Aljibe. Cependant J. MAGNÉ pense que beaucoup de lavages qu'il a étudiés contiennent, outre des Arénacés, une microfaune de Globigérines d'affinités oligocènes. Parmi ceux-ci, citons les argiles rouges (766) du Sud-Ouest du Puerto de Galiz qui contiennent :

— *Catapsydrax dissimilis.*
— *Globigerina* sp.
— *Anomalina* sp.
— *Haplophragmoides* sp.
— *Bathysiphon* sp.
— *Ammodiscus* sp.

Notons cependant que l'Oligocène supérieur a été caractérisé plus au Sud dans la région de Castellar (J. DIDON, 1964) dans les argiles rouges renfermant de nombreux bancs de calcaire, et situées sous les grès de l'Aljibe.

3. LES CALCAIRES À DÉBRIS DE MICROCODIUM.

a) *Description.*

Un faciès très caractéristique des unités flysch de la province de Cadix, est celui des calcaires à Microcodium. Il s'agit d'un calcaire gris foncé, plus ou moins lité, en bancs épais, renfermant parfois de petits lits argileux et souvent recouvert d'une croûte blanche. Souvent gréseux, ces calcaires ont un aspect légèrement spathique à la cassure. En lame mince, ils montrent généralement un assemblage de débris de Microcodium dilacérés, liés, par un ciment calcaire gréseux.

Ces calcaires à débris de Microcodium ne se rencontrent presque jamais dans des coupes stratigraphiques continues. Leur mode de gisement est toujours complexe. Placés le plus souvent, au contact de la série de base et des autres unités, ils jalonnent fréquemment un contact anormal, qui latéralement peut être injecté de Trias. Deux exemples très nets montrent ce phénomène : le premier à l'Ouest du Puerto de Galiz, à la limite entre l'unité del Algarrobo et la nappe de l'Aljibe ; le second, au Nord-Ouest d'Alcalá, à l'Ouest du Miocène moyen charrié, au contact entre l'Unité de Paterna et la série de base de l'Aljibe.

Dans les autres affleurements, les calcaires à Microcodium sont en relief sur les séries marneuses érodées qui les entourent. Dans ce cas, ils sont

décollés et mélangés à la masse argileuse qui les supporte. Ceci est particulièrement net à la Torre Estrella (Sud-Est de Medina Sidonia).

Bien qu'ils soient désolidarisés des niveaux qui les entourent, leur présence exclusive dans la série de base fait qu'ils doivent être rattachés à celle-ci.

b) Âge.

Ces calcaires sont généralement pauvres en microfaune et la roche est souvent constituée presque exclusivement de débris dilacérés de Microcodium. Toutefois, les interlits marneux ont livré des microfaunes ; en particulier sur la feuille de Medina Sidonia (x = 392 ; y = 207,2), on peut relever

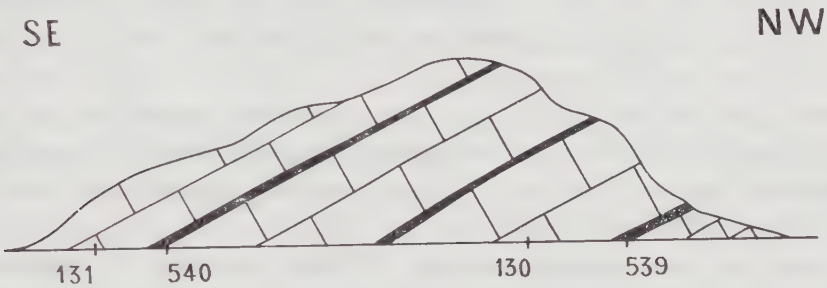


Fig. 50.—Coupe des calcaires gréseux à débris de Microcodium au Sud de la route Medina-Chiclana. (Les numéros renvoient au texte.)

la coupe suivante (fig. 50) dans un petit massif de calcaires à débris de Microcodium plongeant à environ 30° vers le Sud-Est.

— A la base, des calcaires à débris de Microcodium.

— Puis un petit lit d'argiles gréseuses grises (539) d'une vingtaine de centimètres d'épaisseur, dans lequel J. MAGNÉ a pu reconnaître :

— *Globigerina* cf. *aspensis.*

— *Globigerina* cf. *linaperta.*

— *Globigerina* sp.

et qu'il attribue au Paléocène ou à l'Eocène inférieur.

— Les calcaires qui les surmontent sont finement gréseux et renferment des débris de Microcodium noyés dans un ciment calcaire.

— Les niveaux argileux (540) supérieurs renferment une microfaune contenant :

— *Truncorotalia* sp.

— *Globigerina* cf. *aspensis.*

— *Cibicides* sp.
— Des Arénacés.

qu'on peut attribuer à l'Eocène, sans doute assez bas.

— Au-dessus on rencontre des calcaires à Microcodium analogues aux précédents.

Un peu plus à l'Est (x = 392,7; y = 207,5), un autre lambeau de calcaires à débris de Microcodium contient aussi des marnes grises, légèrement gréseuses (943), qui ont livré une microfaune d'âge paléocène avec:

— *Truncorotalia velascoensis.*
— *Truncorotalia acuta* .
— Globigérines.

Plus au Sud, au contact du Trias, des marnes gréseuses grises, associées à un petit lambeau de calcaire à Microcodium, ont livré des Globotruncana.

Les autres prélèvements effectués dans les calcaires à débris de Microcodium se sont révélés azoïques.

Ces quelques microfaunes permettent cependant de se faire une idée de la position stratigraphique des calcaires à débris de Microcodium; il semble raisonnable de leur fixer un âge compris entre le Crétacé supérieur (Sénonien ?) et l'Eocène inférieur.

Leur position systématique, *soit à l'intérieur même du complexe de base, soit entre cette même série et les autres unités* parlent en faveur d'une situation primitive dans la série de base de la nappe de l'Aljibe. Les calcaires à débris de Microcodium dilacérés trouveraient ainsi leur place entre les argiles rouges du Crétacé supérieur et les niveaux éocènes argileux et microbrèchiques.

4. L'Éocène de Benaïza.

Dans l'Ouest de la région étudiée, l'Eocène supérieur de la série de base de l'Aljibe est représentée par des argiles et des marnes pélitiques, généralement rouge-brun. Vers l'Est, ces niveaux se chargent de bancs calcaires et les niveaux supérieurs passent à de véritables micro-brèches à petites Nummulites. M. Blumenthal (1937) avait déjà observé ce type de sédiment à l'Est du Puerto de Galiz et lui avait donné le nom de "faciès de Benaïza".

Les faciès de l'Eocène de Benaïza sont très caractéristiques. Ils comportent des bancs calcaires de quelques dizaines de centimètres d'épaisseur, qui alternent avec des niveaux argileux rouge brun. Ils s'observent dans la partie sud-orientale de la zone étudiée, et sont bien développés dans la région

d'Ubrique et de Grazalema. La partie supérieure de cette formation monte dans l'Oligocène.

B. Les grès de l'Aljibe

Cette série gréseuse doit son nom au massif de l'Aljibe. Ce sommet, culminant à 1.092 m., situé à une dizaine de kilomètres au Nord-Est d'Alcalá de los Gazules, est très caractéristique et se voit de loin. Un autre sommet, bien reconnaissable dans le paysage, est celui du Picacho (884 m.) qui se dresse en avant de la grande crête de l'Aljibe. Tout le massif qui s'étend largement au Sud du Puerto de Galiz est constitué uniquement par la série de l'Aljibe. Les grès en forment la plus grande partie, le reste étant occupé par des bandes étroites où affleure la série de base.

Les grès de l'Aljibe sont entièrement siliceux, de teinte généralement blanche, ou jaunâtre à patine brune. Ils sont formés de grains de quartz arrondis, généralement translucides, mais parfois ils peuvent être laiteux ou teintés en rose. La taille de ces grains de quartz varie de quelques dixièmes de millimètres à quelques millimètres, mais elle peut atteindre en certains points le centimètre. Le ciment est toujours formé par un sable très fin, le plus souvent ferrugineux, qui donne la teinte jaune ou la patine brunâtre. Les sources qui sourdent des grès de l'Aljibe sont très caractéristiques car les vasques qui les entourent sont recouvertes par un voile ferrugineux rouge. Les grès de l'Aljibe sont souvent friables et même exploités comme sable.

Bien que massifs ces grès sont lités et se résolvent en bancs dont l'épaisseur est très variable. Chacun de ces bancs est souvent séparé du banc voisin par de petits niveaux argileux gris ou bleuâtres. Les niveaux durs donnent au paysage un relief sauvage. On peut les suivre parfois sur plusieurs kilomètres, si bien que la structure des grès de l'Aljibe apparaît nettement sur les photos aériennes.

Le plus souvent les grains de quartz sont homométriques, mais il arrive que l'on observe des granoclassements normaux. Les bases des bancs présentent des figures de charges et des figures de courant, mais celles-ci sont très rarement observables, par suite de l'altération des bancs. A l'intérieur des bancs, on observe assez souvent des galets d'argiles grises ou bleues, généralement sableuses, et analogues à celles des interlits.

Ces argiles contiennent quelquefois des débris noirâtres de plantes flottées. Elles sont le plus souvent azoïques, mais peuvent contenir des Aténacés associés quelquefois à d'autres Foraminifères.

Le long de la route d'Alcalá de los Gazules à Casas Viejas (x = 415,4 ; y = 203,8), les bancs de grès, plongeant vers le Sud-Est avec un pendage de 30°, contiennent des interlits d'argiles gréseuses rougeâtres (505) dans lesquelles J. MAGNÉ a pu reconnaître une microfaune sans doute oligocène, avec :

— *Catapsydrax dissimilis.*
— *Globigerina* sp.
— *Cibicides* aff. *cicatricosus.*
— *Pleurostomella* sp.
— *Cyclammina* sp.
— *Haplophragmoides* sp.
— *Glomospira* sp.
— *Trochammina* sp.
— *Involutina* sp.
— *Bathysiphon* sp.

Plus au Sud, près de Castellar, les niveaux immédiatement sous-jacents aux grès de l'Aljibe ont fourni (J. DIDON, 1964) une association du Miocène inférieur avec :

— *Miogypsinoides complanata.*
— *Miogypsina* sp.
— *Amphistegina* cf. *lessonii.*

La base des grès de l'Aljibe n'a peut-être pas le même âge partout, mais il semble raisonnable de placer les grès de l'Aljibe dans l'Oligocène supérieur et le Miocène inférieur. Il ne semble pas que l'on puisse les rajeunir beaucoup plus, car le Miocène moyen, décrit ci-après, résulte du démantèlement des grès de la nappe de l'Aljibe, peut-être même déplacée avant cette époque.

C. Le Miocène du Cerro de Pájaros

Les couches d'âge miocène du massif du Cerro de Pájaros sont à rattacher aussi à la nappe du flysch de l'Aljibe. Ce petit massif est situé à environ 5 Km. au Nord-Ouest d'Alcalá de los Gazules, au Nord de la route Alcalá-Paterna et à l'Ouest du Río de Fraja. Du point de vue structural, il se présente comme un synclinal légèrement dissymétrique, d'axe orienté Ouest-Est, et dont les flancs sont rabotés sur les marnes sous-jacentes.

A l'exception d'un niveau conglomératique renfermant des galets calcaires de quelques centimètres de diamètre, il est formé essentiellement par des grès calcaires gris-blanc à Bryozoaires, qui se présentent sous forme de bancs

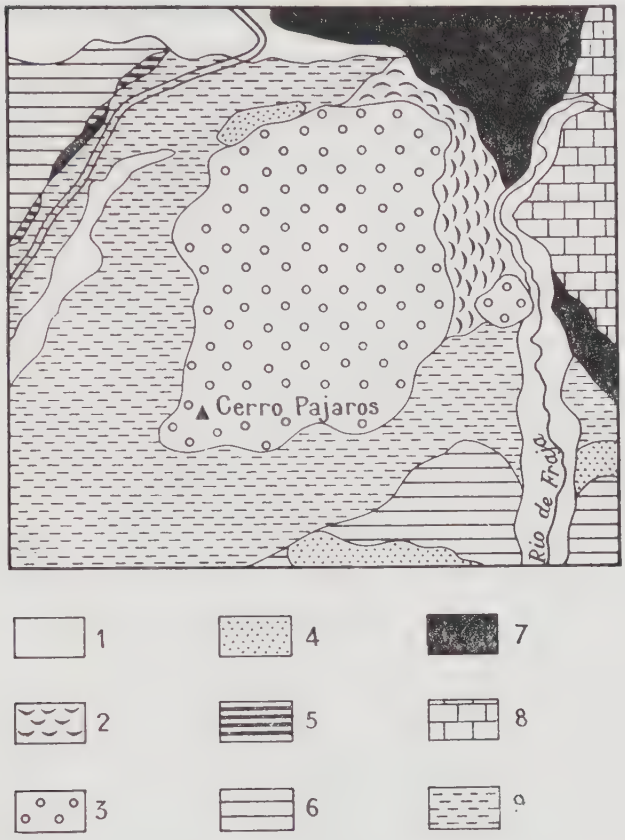


Fig. 51.—Carte géologique du massif de Pájaros.

1 : Quaternaire (alluvions) ; 2 : Eboulis ; 3 : Miocène moyen charrié ; 4 : Grès de l'Aljibe ; 5 : Calcaires gréseux à débris de Microcodium ; 6 : Série de base de l'Aljibe ; 7 : Trias ; 8 : Tertiaire subbétique ; 9 : Argiles de l'unité de Paterna.

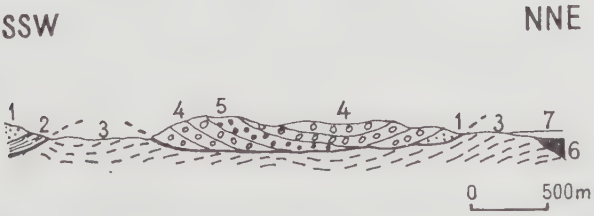


Fig. 52.—Coupe du massif de Pájaros.

1 : Grès de l'Aljibe ; 2 : Série de base de l'Aljibe ; 3 : Unité de Paterna ; 4 : Grès molassiques (Miocène moyen) ; 5 : Bancs conglomératiques (Miocène moyen) ; 6 : Trias ; 7 : Alluvions.

assez bien marqués. Un banc présente des stratifications entrecroisées, indiquant un renversement des couches, mais il est difficile d'étendre à toute la série cette observation isolée.

En abordant le massif par le Sud, on trouve une série de grès calcaires à débris de Briozoaires d'Algues et de Lamellibranches dans lesquels s'intercalent des niveaux de marnes blanches. Celles-ci (528) contiennent une microfaune abondante :

Globorotalia praemenardii.
— *Globigerina bulloïdes.*
— *Globoquadrina* sp.
— *Globigerinoides triloba.*
— *Globigerinoides bisphaerica.*
— *Elphidium crispum.*
— *Elphidium* sp.
— *Cibicides coryelli.*
— *Cibicides lobatulus.*
— *Cibicides* sp.
— *Ehrenbergina* sp.
— *Cassidulina* sp.
— *Lenticulina* sp.
— *Uvigerina barbatula.*
— *Uvigerina* sp.
— *Pullenia bulloïdes.*
— et des Ostracodes.

que J. MAGNÉ place dans le Miocène moyen (ou la base du Miocène supérieur?).

Les niveaux conglomératiques renferment des galets de 5 à 10 cm. de diamètre, formés de grès de l'Aljibe, de calcaires compacts (jurassiques?), de microbrèches. Le ciment est gréseux.

Les niveaux gréseux varient depuis des calcaires grossiers riches en débris organiques et assez pauvres en grains de quartz, jusqu'à des grès presque purs, se décomposant en une arène tout à fait identique à celle que donnent les grès de l'Aljibe.

Ces faciès sont totalement différents des molasses jaunes post-nappe du Miocène terminal de la région. La position tectonique de ces couches, qui reposent par la tranche à la fois sur les grès de l'Aljibe (au Nord) et sur l'unité de Paterna, indique un rabotage basal. L'ensemble est donc charrié sur les termes les plus élevés de l'édifice des nappes de la région. Il convient donc de considérer que le Miocène du Cerro de Pájaros provient du démantè

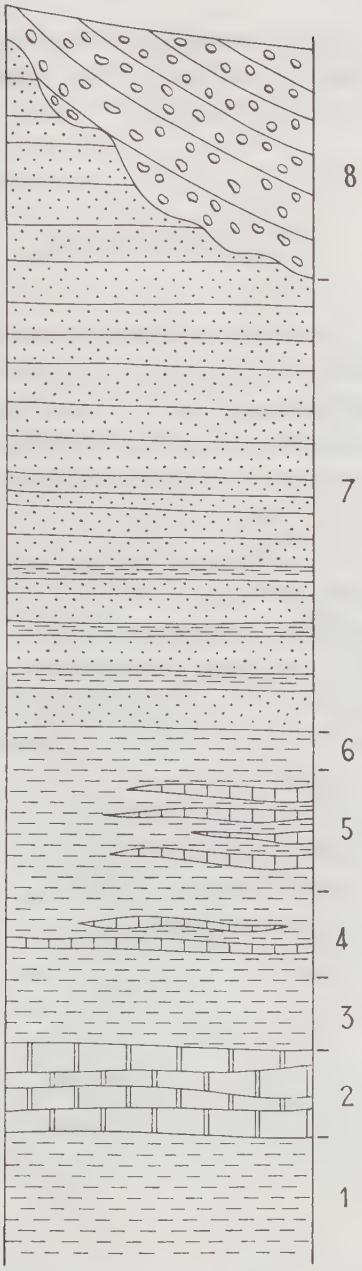


Fig. 53.—Série stratigraphique de la nappe de l'Aljibe dans le Nord de la province de Cadix.

1 : Crétacé supérieur (argiles et conglomérats) ; 2 : Calcaires à débris de Microcodium ; 3 : Argiles de l'Eocène inférieur ; 4 : Eocène moyen ; 5 : Eocène supérieur ; 6 : Oligocène ; 7 : Grès de l'Aljibe ; 8 : Miocène moyen de los Pájaros.

lement de la nappe de l'Aljibe, et qu'il a été remis en mouvement avec celle-ci lors de la dernière phase de mise en place des nappes de l'Ouest des Cordillères bétiques, vers la fin du Miocène.

IV. Conclusion

Dans le Nord de la province de Cadix, la nappe de l'Aljibe comporte deux éléments principaux : la série argileuse de base et les grès de l'Aljibe.

La série de base comporte des argiles et des marnes pélitiques rouges ou versicolores, dont l'âge est compris entre le Crétacé supérieur et l'Oligocène. Des niveaux de calcaires à débris de Microcodium s'y intercalent de la fin du Crétacé supérieur jusqu'au début de l'Eocène. A l'Eocène moyen apparaissent des niveaux de microbrèches calcaires à grands Foraminifères. A l'Eocène supérieur, les parties orientales se chargent de calcaires pour donner le faciès "Eocène de Benaïza".

Les grès de l'Aljibe présentent un faciès de type flysch relativement constant. Les bancs de grès sont formés de grains de quartz arrondis, liés par un ciment gréseux. Leur âge est sans doute compris entre l'Oligocène supérieur et le Miocène inférieur.

Le démantèlement de la nappe de l'Aljibe, qui s'était déjà déplacée, a donné les couches du Miocène moyen du Cerro de Pájaros. Celles-ci ont été remises en mouvement avec la nappe des grès de l'Aljibe et charriées comme celle-ci sur les autres unités sous-jacentes.

CHAPITRE XI

L'UNITÉ DE PATERNA

I. Généralités

L'Unité de Paterna a été définie dans le Nord de la province de Cadix (P. CHAUVE, 1960-62) au Sud du village de Paterna de Rivera. Son extension a été reconnue dans l'ensemble de la zone cartographiée (P. CHAUVE, 1960 - 1962; P. CHAUVE, 1961); puis dans la région de Grazalema (P. CHAUVE et P. HOPPE, 1962) enfin, plus à l'Est dans la région de la Sierra del Tablón (P. CHAUVE et Y. PEYRE, 1966).

La caractéristique principale de l'Unité de Paterna réside dans sa position structurale. En effet, elle apparaît toujours en fenêtre sous le Trias marno-gypsifère subbétique. Les niveaux argileux versicolores d'âge crétacé supérieur à Oligocène de l'Unité de Paterna sont souvent difficiles à distinguer des séries argileuses du flysch de l'Aljibe ainsi que des argiles bariolées du Trias. Toutefois leurs faciès montrent une parenté beaucoup plus nette avec ceux de la nappe du flysch de l'Aljibe.

Par comparaison avec les faciès des nappes de glissement, décrits dans les sondages, situées plus au Nord, j'ai assimilé (P. CHAUVE, 1961) cette unité à la nappe de Carmona d'E. PERCONIG (1960-1962).

II. Stratigraphie de l'Unité de Paterna

Les affleurements de l'Unité de Paterna comportent en général une série essentiellement argileuse ou marneuse à laquelle sont quelquefois associés des brèches, des calcaires organogènes ou des grès. Les argiles, aux tein-

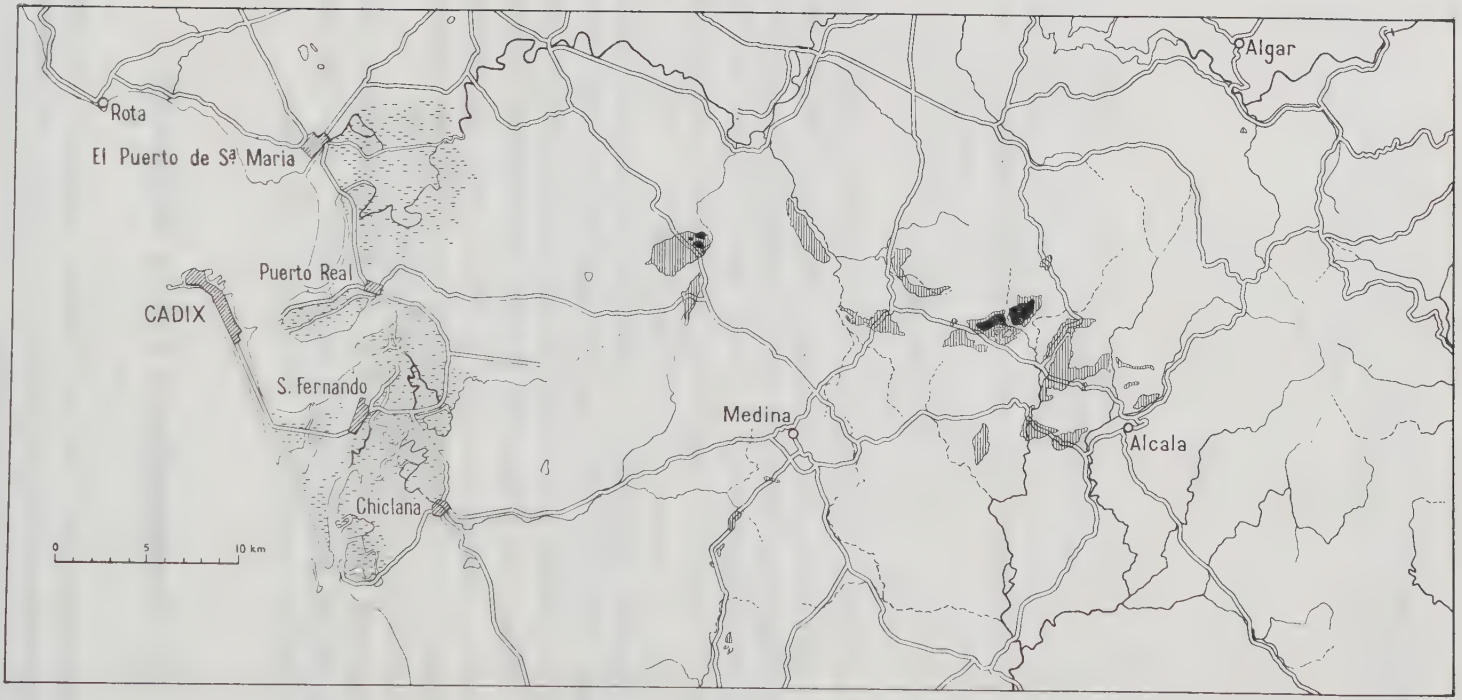


Fig. 54.—Répartition des affleurements de l'Unité de Paterna dans la zone cartographiée. (En barré vertical : les argiles ; en noir : les grès.)

tes vives, sont en général azoïques ou bien ne renferment que des Arénacés. Cependant quelques lavages, et la découverte de très rares fossiles permettent de préciser l'âge de cette formation, sans qu'il soit toutefois possible de reconstituer avec certitude la série stratigraphique ; les couches sont en effet toujours très tectonisées et présentent de grands mélanges.

1. Le Crétacé moyen.

Il faut sans doute rapporter au Crétacé moyen les marnes grises et les calcaires marneux gris-blanc qui affleurent au Sud de Paterna de Rivera (x = 403,6 ; y = 215,4). En effet, en compagnie de M. et Mme. H. Termier, nous avons pu récolter dans les fouilles effectuées lors de la pose de la conduite d'eau du Pantano de Los Hurones à Medina Sidonia, quelques Bélemnites (1) que R. Busnardo rattache aux espèces suivantes du Crétacé moyen :

— *Duvalia grasiana* (Aptien-Clansayesien).
— *Neohibolites minimus* (Albien).
— *Neohibolites semicanalicatus* (Aptien).

Les niveaux de marnes grises n'ont livré que des Radiolaires, les calcaires marneux gris-blanc contiennent seulement des traces où l'on peut voir des "fucoïdes".

2. Le Crétacé supérieur.

Il faut probablement rattacher au Crétacé supérieur des marnes bariolées vertes et rouges, à aspect luisant, qui affleurent dans la fenêtre de la Peña Arpada (feuille d'Algar), et qui ont livré, au Sud de la Peña, de rares Globotruncana, associées à des Arénacés (*Trochammina* sp., *Bathysiphon* sp.). Signalons aussi les marnes bleues, contenant des petits niveaux de calcaires gréseux à Radiolaires, du Nord-Est de la Peña, sous les alluvions anciennes du Río Alamo et qui ont fourni la même association.

Sur la feuille d'Alcalá, au Sud du Cerro de Espertales, les niveaux de marnes bariolées, situées sous le Trias subbétique, ont livré aussi une microfaune du Crétacé supérieur avec :

— *Globotruncana stuartiformis.*
— *Globotruncana* sp.
— des Gümbélines.

(1) Découverte de Michel Termier.

Et, quelques mètres plus au Sud, le même affleurement contient des Arénacés dont des *Trochmminoïdes* sp., associés à :

— *Globotruncana stuarti.*

— et des Gümbélines.

Les autres affleurements de Crétacé supérieur ne renferment que de rares Globotruncana, souvent écrasées, et dès Arénacés.

Il faut cependant signaler dans la partie occidentale de la fenêtre de Sierrezuela (feuille de Paterna) la présence, dans les argiles bleutées de l'unité de Paterna ($x = 392{,}1$; $y = 219{,}4$), de gros blocs de conglomérats.

Ces conglomérats comportent des galets de quelques centimètres de diamètre ; leur composition est assez variée (calcaires oolitiques et à grain fin de Jurassique, calcaires gréseux, quartzites et radiolarites). Le ciment très gréseux est un peu calcaire ; il a montré des Globotruncana du Crétacé supérieur.

3. L'Éocène.

Au Sud de la fenêtre de Paterna, à l'Ouest de la route, des marnes gris-verdâtres ont fourni des Truncorotalia, des Globigérines, des Arénacés et des Radiolaires.

Sur la feuille d'Alcalá, dans la partie Sud de la fenêtre de la Tablada, à l'Est du Río Alamo, les marnes vertes contiennent des microfaunes mélangées de l'Eocène inférieur et du Sénonien supérieur.

Par contre, au Sud du Cerro de Pájaros, on rencontre :

— *Globigerina sp.*

— *Globorotalia* cf. *rex.*

— *Globorotalia* cf. *bullbrooki.*

— *Globorotalia* aff. *acuta.*

— *Globorotalia* cf. *aragonensis.*

microfaune caractéristique de l'Eocène inférieur.

A l'Ouest du Río Alamo, les argiles rouges de la fenêtre de Tablada, situées en contrebas de la route d'Alcalá à Medina, contiennent des petits lits de microconglomérats et de calcaires organogènes (1124) à :

— *Nummulites* sp.

— *Discocyclina* sp.

— *Asterodiscus stellatus.*

— *Actinocyclina radians.*

— *Operculina* sp.

— Des Textularidés.

— Des Rotalidés.

datés du Lutétien supérieur. Un peu plus a l'Est, les argiles ont livré de nombreux échantillons de *Tubotomaculum*, avec des restes de terrier.

Enfin, dans la fenêtre de Castillejo (feuille de Paterna), les niveaux du Lutétien supérieur comportent de gros bancs conglomératiques dans lesquels on trouve des galets de calcaires jurassiques, de calcaires gréseux et de quartzites liés par un ciment gréseux dans lequel Mme Neumann a déterminé (1900-1901) :

— *Nummulites aturicus.*
— *Nummulites* sp.
— *Assilina granulosa.*
— *Assilina* sp.
— *Asterodiscus stellatus.*
— *Discocyclina archiaci.*
— *Discocyclina marthae.*
— Des Rotalidés.

4. L'Oligocène.

Il semble que de nombreux affleurements de marnes et d'argiles pélitiques rouges soient à rapporter à l'Oligocène, bien qu'elles ne renferment que des Radiolaires, des Arénacés dont :

— *Ammodiscus* sp.
— *Bathysiphon* sp.
— *Glomospira* sp.
— *Haplophragmoides* sp.
— *Trochammina* sp.

ainsi que des dents de poisson.

En effet, quelques affleurements de même faciès se sont révélés un peu plus riches. Citons les argiles bleues du Nord-Ouest de la fenêtre de Sierrezuela (feuille de Paterna) qui contiennent :

— Des Arénacés :
  — *Ammodiscus* sp.
  — *Bathysiphon* sp.
  — *Glomospira* sp.
  — *Trochammina* sp.
— Et des Globigérines,
  — *Catapsydrax dissimilis.*
  — *Globigerina* sp.

De même, les marnes vertes de la fenêtre de Las Herrerías contiennent :

— *Globigerina* cf. *ampliapertura.*
— *Globigerina* sp.
— *Glomospira* sp.

Enfin, dans la petite fenêtre du Nord du massif de l'Espertales (x = 418; y = 217,5), sous le Crétacé subbétique dont elles sont séparées par du Trias marno-gypsifère, les argiles bariolées vertes et rouges ont livré une microfaune de l'Oligocène supérieur très probable avec :

— *Catapsydrax dissimilis.*
— *Globigerina* cf. *ciperoensis.*
— *Globigerina* cf. *venezuelana.*
— *Globigerina* sp.
— *Globoquadrina* sp.
— *Globorotalia* cf. *mayeri.*
— *Stilostomella* sp.
— *Cibicides* sp.
— *Nodosaria* sp.
— *Spirillina* sp.
— *Trochammina* sp.

5. Les grès.

Ils affleurent principalement dans la fenêtre de Sierrezuela et dans la fenêtre de la Peña Arpada. Ce sont des grès fins, micacés, friables, de couleur jaune; ils ressemblent beaucoup à ceux du Trias, mais leur débit et leur altération sont différents. Ils contiennent aussi de petits pigments ferrugineux noirs. Comme il n'y a pas de microfaune et comme les marnes qui les entourent n'ont livré que des Arénacés, il est difficile de leur donner un âge exact. Par comparaison avec d'autres petits blocs trouvés dans les argiles oligocènes, on peut peut-être les rattacher à ce niveau, mais sans aucune certitude.

6. Les autres constituants de l'Unité de Paterna.

En raison de sa position tectonique (en fenêtre) et de l'état de mélange extrême dans lesquels se trouvent ses affleurements, il est tout à fait logique de rencontrer des lambeaux emballés dans l'unité de Paterna. Certains sont aisément reconnaissables et leur origine peut être facilement décelée; par contre, pour d'autres, le problème se pose de savoir s'il faut les rattacher à l'unité de Paterna ou à une autre unité.

A. Les lambeaux du domaine externe

1. Subbétique.

Outre des copeaux de Trias marno-gypsifère subbétique, on rencontre souvent des paquets de marnes ou de calcaires du Crétacé ou du Tertiaire subbétique.

C'est ainsi qu'à la partie nord-ouest de la fenêtre de Sierrezuela, on trouve des calcaires marneux blancs, des marno-calcaires rose saumon et des marnes blanches, placés dans un ordre confus au sein de la série des argiles vertes del'unité de Paterna.

Les calcaires marneux présentent des faciès typiques du Crétacé inférieur subbétique et ont d'ailleurs fourni une très belle microfaune du Barrémien (988) avec :

— *Lenticulina ouachensis.*
— *Lenticulina* sp.
— *Spirillina* sp.
— *Gavellinella* sp.
— Radiolaires.

Les marno-calcaires rouge saumon sont tout à fait analogues aux couches rouges du Sénonien et contiennent une microfaune maestrichtienne avec :

— *Globotruncana stuarti.*
— *Globotruncana stuartiformis.*
— *Globotruncana* cf. *contusa.*
— *Globotruncana fornicata.*

Enfin les marnes blanches contiennent :

— des Globigérines.
— *Globorotalia aragonensis.*

et appartiennent à l'Eocène inférieur subbétique.

2. Unité del Algarrobo.

On rencontre aussi des lambeaux arrachés à l'unité du Puerto del Algarrobo. En particulier des marno-calcaires blancs, légèrement verdâtres, et des marnes vert olive à Globotruncana du Sénonien supérieur peuvent s'observer dans la fenêtre du Sud de los Espertales (feuille d'Alcalá) ainsi que dans la fenêtre de Granujales (feuille de Medina). Dans ce dernier cas un tiers de la superficie de la fenêtre est occupé par cette formation et a pu être marqué sur la carte au 1 : 100.000.

B. Les lambeaux d'origine problématique

D'autres paquets, emballés dans l'unité de Paterna, ont un faciès qu'il est difficile de rattacher aux autres unités décrites dans ce travail, et qui cependant diffèrent des argiles bariolées que l'on rencontre habituellement dans l'unité de Paterna. C'est le cas du Paléocène de la fenêtre sud de Almazán (feuille de Medina) où l'on rencontre une série de marnes grises et de calcaires gréseux gris-sale à :

— *Globorotalia velascoensis.*
— *Globorotalia acuta.*
— *Globorotalia aequa.*

dont le faciès diffère de celui du Subbétique et qu'on peut rattacher avec doute à l'unité de Paterna.

C'est le cas aussi des petits pitons blancs qui émergent dans la fenêtre de la Tablada près du croisement de la route du Santuario. Ils comportent soit des marno-calcaires blancs (Sénonien), soit des marnes grises et des grès de teinte claire (Oligocène). On peut encore se demander s'il s'agit de lambeaux de l'unité del Algarrobo ou bien de couches appartenant à l'unité de Paterna.

De toute manière, comme l'unité de Paterna se trouve actuellement du point de vue tectonique dans la position la plus inférieure, on peut s'attendre à ce que les autres unités qui l'ont chevauché aient laissé des copeaux dans ces fenêtres.

III. Conclusion

En excluant les lambeaux appartenant aux autres unités et emballés dans son sein, la série stratigraphique de l'unité de Paterna comporte des termes compris entre le Crétacé et l'Oligocène.

Les faciès observés dans l'Unité de Paterna ont beaucoup d'analogies tant macroscopiques que microscopiques avec ceux que l'on rencontre dans la série de base de la nappe de l'Aljibe. On y trouve les mêmes argiles bariolées, avec les mêmes microfaunes, les mêmes niveaux de conglomérats. Il n'y a que les calcaires à débris de Microcodium qui n'ont pas été observés avec certitude. Quant aux grès qui affleurent dans la fenêtre de la Peña

La distinction entre l'unité de Paterna et la série de base de l'Aljibe Arpada, ils sont différents de ceux de l'Aljibe, car beaucoup plus fins. S'agit-il du même niveau stratigraphique ou d'un passage latéral de faciès? reside dans leur position tectonique respective. Celle-ci couronne l'édifice des nappes, celle-là en forme le substratum. Ainsi semble-t-il logique de penser qu'il s'agit d'un même domaine de sédimentation, disloqué par les nombreux efforts tectoniques successifs qu'il a subis. Nous proposerons plus loin une explication des mécanismes responsables de cette structure.

Chapitre XII

LE PÉNIBÉTIQUE

I. Définition et historique

M. Bertrand et W. Kilian (1889) avaient proposé d'appeler Subbétique l'ensemble des massifs calcaires d'âge mésozoïque situés au Nord de la chaîne bétique (zones internes). Le terme de "Subbétique" avait été choisi par analogie avec les zones subalpines des Alpes françaises, car "il est manifeste que cette suite de sommets doit son origine à un refoulement d'ensemble des assises mésozoïques et joue par rapport à la chaîne bétique le même rôle... que les chaînes subalpines par rapport aux zones alpines du Dauphiné".

Plus tard, le domaine subbétique a été subdivisé transversalement (M. Blumenthal, 1927) en trois ensembles qui sont, du Nord au Sud:

— Le Prébétique.
— Le Subbétique s. s.
— Le Pénibétique.

Le Prébétique a été défini dans la région de Jaén: c'est la couverture mésozoïque décollée et tectonisée de la marge sud de la Meseta. Les faciès du Prébétique sont nettement différents de ceux du Subbétique (s. s.) et correspondent dans leur ensemble à des dépôts néritiques. Notons cependant que des termes de passage ont été trouvés entre le Prébétique et le Subbétique: il s'agit des unités intermédiaires (A. Foucault, 1960-1962; J. Paquet, 1963; J. Azéma, 1965), ce qui permet d'exclure une origine méridionale lointaine pour le Subbétique.

Au Subbétique (s. s.), on doit rattacher un ensemble de dépôts marins d'âge secondaire et tertiaire, charriés vers le Nord, et presque toujours dé-

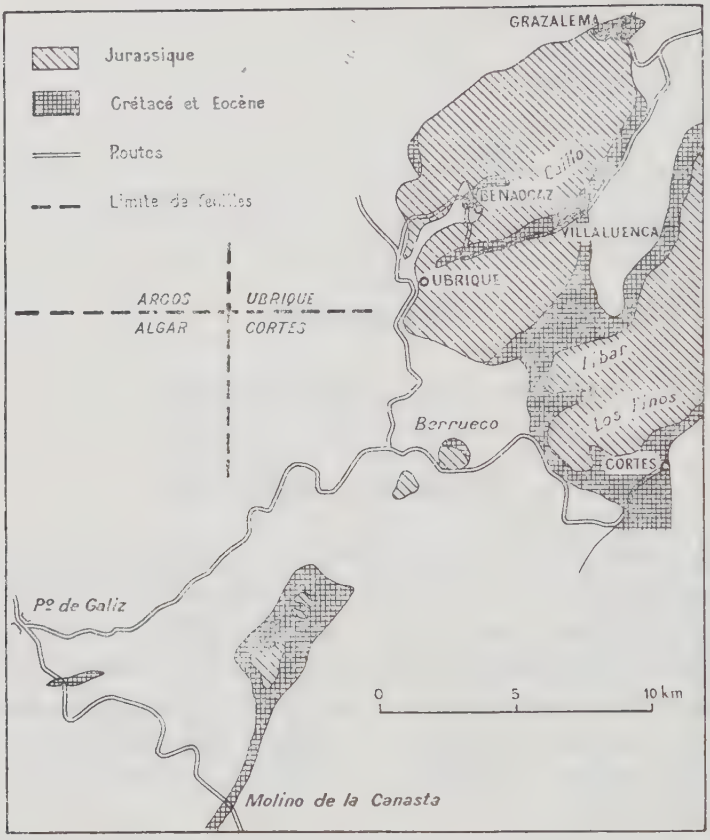


Fig. 55.—Répartition des principaux affleurements pénibétiques de la province de Cadix.

collés sur leur Trias marno-gypsifère. Les faciès varient d'Ouest en Est mais l'ensemble conserve cependant une grande uniformité. Les distinctions fondamentales effectuées dans le Subbétique consistent en la séparation d'un Subbétique à Jurassique calcaire et d'un Subbétique à Jurassique marneux (Y. PEYRE, 1960-1962; R. BUSNARDO, 1960-1962).

Le terme de "Pénibétique" avait été créé par M. BLUMENTHAL en 1927, pour désigner l'ensemble des couches comprises entre le Trias et l'Oligocène, et situées entre les zones internes et la zone de Trias d'Antequera, c'est à dire au Sud du domaine subbétique (s. s.). Ces deux ensembles (Pénibétique et Subbétique) s'affrontent dans la région de Grazalema, au niveau du corridor de Boyar.

M. BLUMENTHAL (1927) a distingué trois unités dans le Pénibétique:

— Le Pénibétique externe.
— Le Pénibétique moyen.
— Le Pénibétique interne.

Ces distinctions à l'intérieur du Pénibétique étaient dues principalement à des considérations tectoniques.

M. BLUMENTHAL essaya de retrouver vers l'Est le domaine pénibétique mais les études qu'il effectua avec P. FALLOT, dans la région de Grenade, montrèrent que dans cette région il n'y avait qu'un seul grand domaine "subbétique". Si bien qu'il revint plus tard sur sa distinction et ne parla plus, dans l'Ouest, que d'un domaine subbétique.

Toutefois il faut reconnaître que dans cette région, entre Antequera et Ronda, des considérations tectoniques et stratigraphiques plaident pour une distinction entre Subbétique et Pénibétique, dans un sens un peu différent de celui de M. BLUMENTHAL. En effet, il y a lieu de dissocier le Pénibétique interne qui se trouve au front de la nappe de Málaga, et qui en constitue certainement la couverture. Dans ces conditions, on peut regrouper dans un même ensemble, Pénibétique externe et médian en un ensemble unique "Pénibétique" dont le type sera celui qui affleure au Sud du corridor de Boyar, dans les Sierras d'Ubrique, de l'Endrinal et de Libar; c'est en effet dans cette région que le Pénibétique présente son maximum de développement. Les faciès pénibétiques de ces Sierras sont d'ailleurs les mêmes que ceux qui peuvent s'observer au Torcal (Sud d'Antequera). C'est donc dans ce sens que j'emploierai le terme de Pénibétique.

P. HOPPE (1965) a apporté d'utiles précisions sur la stratigraphie du Pénibétique de la région d'Ubrique et Grazalema, mais il a placé dans le même ensemble les séries pénibétiques (s. s.) et les couches des écailles de Majales et du Fresnillo, que j'avais déjà distinguées (P .CHAUVE et P. HOPPE, 1964) et pour lesquelles j'admets une origine plus méridionale. De même la distinction entre le flysch pénibétique et la nappe de l'Aljibe n'est pas faite par lui.

Dans les entailles des Sierra de Libar, de Blanquilla et d'Endrinal, P. HOPPE a observé un Trias argileux rouge, avec des dolomies ("carñiolas"), surmonté de dolomies (100 à 120 m.) grises ou jaunes qui représenteraient l'extrême base du Lias.

Le Jurassique inférieur et moyen est formé par une série de calcaires compacts et de calcaires oolitiques, ce dernier faciès se développannt particulièrement au sommet. Le Jurassique supérieur comprend des calcaires compacts et des calcaires finement oolitiques qui peuvent passer vers le Nord à des niveaux bréchiques remaniant des calcaires oolitiques. Ces couches se

terminent par des niveaux du Tithonique, quelquefois noduleux, et du Berriasien, argileux.

P. HOPPE note aussi la lacune du Crétacé inférieur et la transgression du Cénomanien sur le Jurassique. Comme F. KOCKEL et St. DÜRR, il pense que les couches rouges peuvent monter dans le Paléocène-Eocène. Enfin il place au sommet un complexe de type flysch (argileux et gréseux) se terminant par les grès de l'Aljibe.

II. Coupes du Pénibétique

Le Pénibétique n'affleure pratiquement pas dans la région cartographiée ; un seul lambeau se trouve au Puerto de Galiz. Cependant plus à l'Est, à partir d'Ubrique, le Pénibétique prend une extension considérable et les études que j'ai effectuées dans le corridor de Boyar, zone où s'opposent Subbétique et Pénibétique, m'ont amené naturellement à étudier la stratigraphie du Pénibétique. Aussi je donnerai quelques coupes caractéristiques, pour montrer les différences qui existent entre Subbétique et Pénibétique.

1. Massif du Berrueco

a) COUPE TRANSVERSALE DU BERRUECO (fig. 56).

Le Berrueco de Málaga est un petit massif calcaire pénibétique qui perce la nappe des grès de l'Aljibe au Nord de la feuille de Cortes de la Frontera. Il donne une bonne coupe des termes pénibétiques compris entre le Jurassique et le Crétacé.

D'Ouest en Est, on observe la succession suivante :

1. Des dolomies.
2. Des calcaires massifs gris à grain fin (2276) à :
   — Frondiculaires.
   — Ostracodes.
   — Spicules d'éponges.
3. Des calcaires argileux gris en voie de dolomitisation (2277) à :
   — Ostracodes.
   — Radiolaires.
   — Solénopores (?).

4. Des calcaires grumeleux gris (2278) à :
   — Radiolaires.
   — Ostracodes.
   — *Globochaete* sp.
5. Des calcaires oolitiques (2279) à :
   — Frondiculaires.
   — Lenticulines.
   — Ostracodes.
   — *Spirillina* sp.
   — *Globochaete* sp.
   — "Protoglobigérines".
   — Pièces brachiales doubles d'Ophiures.

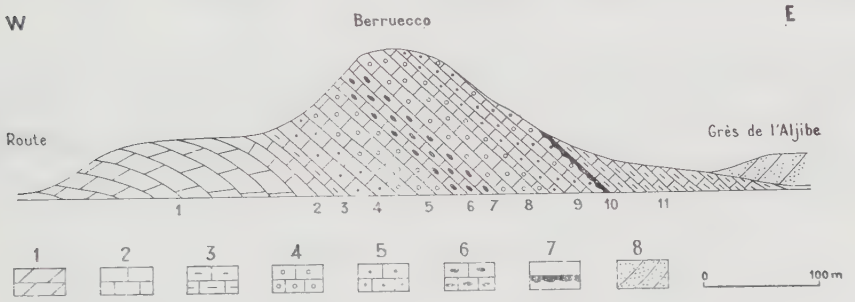


Fig. 56.—Coupe du massif du Berrueco (Málaga).

1 : Dolomies ; 2 : Calcaire compact ; 3 : Calcaire argileux ; 4 : Calcaire oolitique ; 5 : Calcaire graveleux ; 6 : Calcaire noduleux ; 7 : Marnes du Crétacé moyen ; 8 : Grès de l'Aljibe. (Les numéros de la coupe renvoient au texte.)

6. Des calcaires gris rouge, noduleux (2280) (Oxfordien moyen?) :
   — Des Lenticulines.
   — *Globochaete*.
   — Nombreuses "Protoglobigérines".
7. Ces calcaires noduleux se poursuivent et montrent à leur sommet (2281) :
   — Des Saccocomidae.
8. Des calcaires oolitiques (2282) à :
   — Nombreux *Globochaete* sp.
   — Nombreux Saccocomidae. (Kimmeridgien probable).
9. Des calcaires graveleux ou pseudo-oolitiques à ciment ferrugineux (sans doute altération due au hard-ground qui les surmonte) et contenant :

— *Globochaete alpina.*
— *Calpionella alpina.*
— *Calpionella* (*Crassicollaria*) gr. *intermedia.* (Tithonique supérieur.)

10. Un hard-ground avec croûte calcaire jaunâtre à :
— Rugoglobigérines.
— *Globotruncana helvetica.*
— *Globotruncana turonica.*
— *Globotruncana renzi.*
— *Globotruncana schneegansi.*

du Turonien moyen et supérieur.

11. Les couches rouges du Crétacé supérieur à Globotruncana, qui plongent vers l'Est s'enfoncent sous les grès de l'Aljibe.

b) Coupe du bord septentrional (fig. 57).

Au Nord de ce massif, sur les calcaires oolitiques ou pseudo-oolitiques du Tithonique supérieur (1) à :
— *Calpionella alpina.*
— *Calpionella* (*Ccrassicollaria*) *intermedia.*
— *Globochaete alpina.*
— *Stomiosphaera minutissima.*
— Radiolaires.

vient un hard-ground contenant (2) :
— Rotalidés.
— Globigérines.
— *Ticinella,* d'âge albien ou cénomanien, qui se poursuit par des marno-calcaires (3) à :

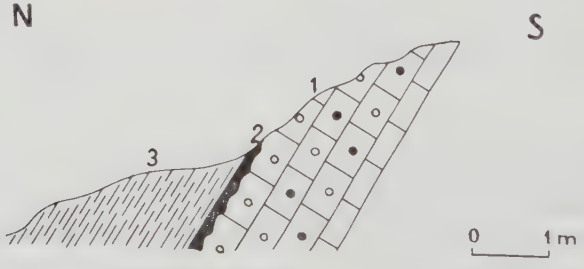


Fig. 57.—Coupe du passage du Jurassique au Crétacé dans le Pénibétique du Nord-Ouest du Berrueco (Málaga). (Les numéros renvoient au texte.)

— Grosses Globigérines.
— *Globigerina* gr. *paradubia.*
— *Globigerina* sp.
— *Globotruncana stephani.*
— *Globotruncana helvetica.*
— *Globotruncana turbinata.*

du sommet du Cénomanien ou de la base du Turonien. Au-dessus on retrouve les couches rouges à Globotruncana du Turono-Sénonien.

Le petit massif du Berrueco (Málaga) donne donc une coupe assez complète du Jurassique pénibétique, et montre bien la lacune de sédimentation du Crétacé inférieur, ainsi que le hard-ground du Crétacé moyen.

2. Grazalema

Au Sud-Ouest de Grazalema, la route qui monte au Puerto de Boyar entaille les calcaires pénibétiques et montre d'une manière nette le karst et le hard-ground du Crétacé pénibétique.

D'Est en Ouest on observe (fig. 58) des calcaires jurassiques qui plon-

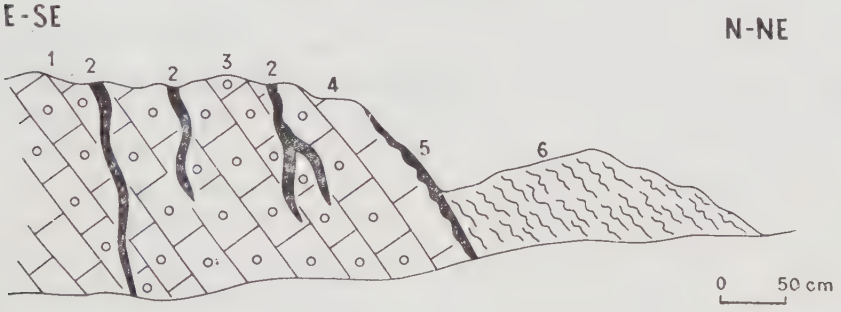


Fig. 58.—Coupe du karst et du hard-ground pénibétique à la sortie Sud-Ouest de Grazalema.

1 : Calcaires oolitiques ; 2 : Fissures remplies de marnes du Crétacé moyen ; 3 : Calcaires oolitiques remaniés ; 4 : Calcaires argileux du Tithonique supérieur ; 5 : Hard-ground ; 6 : "Couches rouges" du Crétacé supérieur.

gent assez fortement vers l'Ouest. Ces calcaires sont creusés de cavités en forme de fentes, remplies de marnes vertes. Le dernier banc calcaire est recouvert par une surface durcie jaune, surmontée par les couches rouges.

Les calcaires sont oolitiques. Leur âge est sans doute Jurassique supé-

rieur, l'un des niveaux est formé par une brèche remaniant les calcaires oolitiques où P. HOPPE a trouvé des Ammonites de l'Oxfordien.

La partie supérieure devient plus argileuse. L'on peut déterminer :

— *Calpionella alpina* (petites et grandes formes).
— *Crassicollaria brevis.*
— *Tintinnopsella carpathica.*
— *Lorenziella* cf. *pseudoserrata.*
— *Lorenziella* sp.
— *Globochaete alpina.*

ce qui permet de placer ces calcaires dans le Tithonique supérieur.

Les fissures sont remplies de marnes vertes qui ont fourni à J. MAGNÉ une microfaune de l'Albien avec :

— *Ticinella roberti.*
— *Thalmanninella* cf. *ticinensis.*
— *Globigerina* sp.
— *Gavelinella* sp.
— *Biglobigerinella* sp.

3. Villaluenga del Rosario

A l'entrée de Villaluenga del Rosario, en venant de Ronda, on trouve (fig. 59) sur la gauche un petit massif calcaire qui barre la vallée de la Man-

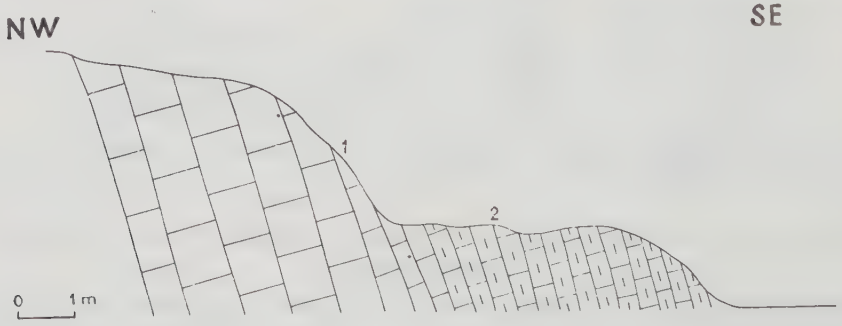


Fig. 59.—Coupe de la limite Jurassique-Crétacé pénibétique près de Villaluenga del Rosario.

ga. Les couches jurassiques pénibétiques sont fortement redressées et sont surmontées par le Crétacé qui vient affleurer jusqu'à la route.

Les calcaires contiennent des microorganismes du Tithonique terminal dont :

— *Calpionella alpina.*
— *Calpionella* (*Crassicollaria*) *parvula.*
— *Tintinnopsella* gr. *carpathica.*
— *Globochaete alpina.*
— *Stomiosphaera minutissima.*

Ils sont surmontés par des calcaires marneux blancs, étirés, probablement du Néocomien inférieur à :

— *Nannoconus* gr. *steinmanni.*

Ceux-ci passent directement à des couches de même aspect contenant des *Hedbergella* de l'Albien.

Dans cette coupe, ni le karst, ni la surface durcie ne sont visibles ; cependant on peut noter ici encore l'absence de la plus grande partie du Crétacé inférieur.

4. Coupe de Benaocaz (fontaine de Chiquero)

Dans la zone déprimée qui s'étend au Nord-Ouest de Benaocaz, les éboulis couvrent la majeure partie des affleurements. Toutefois, au niveau de la fontaine del Chiquero, on peut observer une bonne coupe du Pénibétique, allant depuis le Jurassique jusqu'au Tertiaire.

En allant du Nord vers le Sud, on rencontre successivement (fig. 60) :

— Des calcaires à grain fin (3046) à :
  — *Globochaete* sp.
  — Ostracodes.
  — Des débris d'Echinodermes.
  — Des spicules, calcitisés.
— Des calcaires argileux (3047) à :
  — *Globochaete* sp.
  — Radiolaires.
— Des calcaires oolitiques (3048).
— Des calcaires graveleux (3049) à :
  — Sections de Lamellibranches.
  — Solénopores.
— Les calcaires sont recouverts par une surface durcie de couleur grise (3050) qui a livré :
  — *Rotalipora* sp.

et pourrait être d'âge cénomanien.

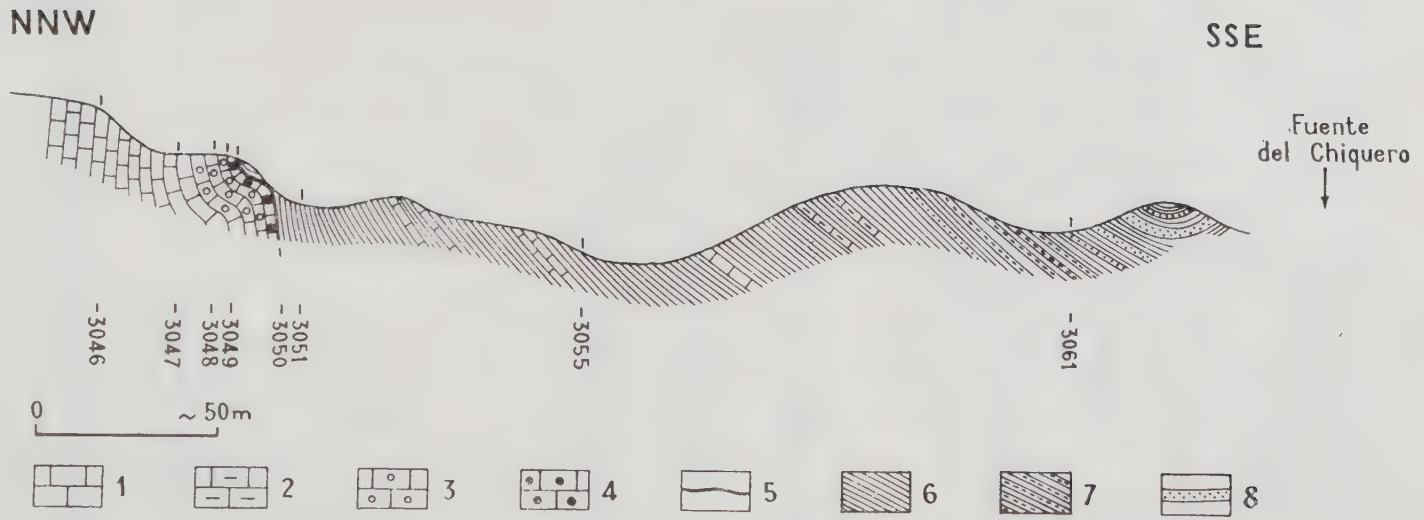


Fig. 60.—Coupe du Pénibétique à l'Est de Benaocaz.

1 : Calcaire compact ; 2 : Calcaire argileux ; 3 : Calcaire oolitique ; 4 : Calcaire graveleux ; 5 : Surface durcie ; 6 : Argiles et marnes ; 7 : Flysch ; 8 : Grès.
(Les numéros de la coupe renvoient au texte.)

— Au-dessus de cette surface durcie viennent des calcaires marneux rouges (3051) du Sénonien supérieur à :

— *Globotruncana* gr. *arca.*
— *Globotruncana* cf. *fornicata.*
— *Globotruncana stuartiformis.*
— *Globotruncana* cf. *conica.*
— Des Gümbélines.

— La coupe se poursuit par des marnes rouges, à aspect luisant, du Paléocène (3055) élevé avec :

— *Globorotalia rex.*
— *Globorotalia* cf. *aequa.*
— *Globorotalia* sp.
— *Globigerina* sp.

Dans ces niveaux s'intercale un petit niveau microconglomératique à petits galets de calcaires jurassiques.

— Les couches rouges se poursuivent sous le même faciès dans l'Eocène moyen (3056) à :

— *Catapsydrax* gr. *dissimilis.*
— *Globigerina* sp. (grosses formes).

— La série marneuse se poursuit, mais les teintes passent du rose au violet, puis deviennent bleutées, en même temps qu'apparaissent :

— Des Globigérines d'affinités oligocènes.

— Plus haut viennent des argiles sableuses gris verdâtres alternant avec des bancs de grès gris jaunâtres ; on passe ainsi à un véritable flysch. Les faunes sont pauvres et n'ont livré que des Globigérines d'affinités oligocènes.

— Les niveaux les plus élevés (3061) sont formés par de gros bancs de grès micacés jaunâtres séparés par de minces lits d'argiles jaunes ou verdâtres, azoïques.

La coupe de la fontaine de Chiquero présente un grand intérêt, car elle permet d'observer en continuité les couches pénibétiques depuis le Jurassique jusqu'au Tertiaire, avec en particulier le passage entre les "couches rouges" et le flysch pénibétique.

5. Puerto de Galiz

Au Sud du Puerto de Galiz, on trouve aussi un petit affleurement de couches rouges (c'est le seul affleurement pénibétique de la zone cartographiée). Il s'agit d'une bande allongée d'Est en Ouest et coincée dans le Trias

marno-gypsifère, que traverse la route du Puerto de Galiz à Jimena (x = 429,8 ; y = 218,2).

A l'extrémité orientale affleurent des marnes et des marno-calcaires blancs, légèrement rosés, fortement redressés et plongeant vers le Sud, qui ont livré à la base une microfaune du Paléocène inférieur (2865) :

— *Globorotalia pseudobulloides.*
— *Globorotalia compressa.*

Et au sommet le Paléocène supérieur avec (2866) :

— *Globorotalia velascoensis.*
— *Globorotalia aequa*
— *Globorotalia pseudomenardii.*

Au Molino de la Canasta, au bord de la route de Jimena, on peut observer le faciès typique des couches rouges (marno-calcaires et marnes rouges). Il s'agit ici de termes plus récents car ils contiennent (2314) :

— *Globorotalia aragonensis.*
— *Globorotalia* aff. *bullbrooki.*

de l'Eocène inférieur.

6. Autres affleurements de couches rouges

Certains affleurements de couches rouges du Crétacé supérieur se sont révélés plus riches que celui de la coupe de Benaocaz, par exemple au Sud du Puerto Chico, le long du Río Guadalete (feuille d'Ubrique en x = 452,6 ; y = 243,7), l'échantillon de marnes 695 a livré :

— *Globotruncana elevata.*
— *Globotruncana contusa.*
— *Globotruncana stuarti.*
— *Globotruncana stuartiformis.*
— *Globotruncana fornicata.*
— *Globotruncana* cf. *arca.*
— *Globotruncana conica.*
— Des Gümbélines.
— *Rugoglobigerina* sp.
— *Globigerina* sp.
— *Pseudotextularia* sp.
— Ostracodes.

D'autres prélèvements effectués sur la feuille d'Ubrique ont montré que les couches rouges, classiquement datées du Crétacé supérieur, avaient une répartition stratigraphique plus large.

Le long de la route de Grazalema à Ubrique, avant d'entrer dans la Manga, en contrebas de la nappe de l'Aljibe (fig. 61), on trouve de nombreux affleurements de couches rouges pénibétiques avec du Crétacé supérieur, du Paléocène, souvent de teinte rose, et, de nouveau, des couches rouges d'âge éocène.

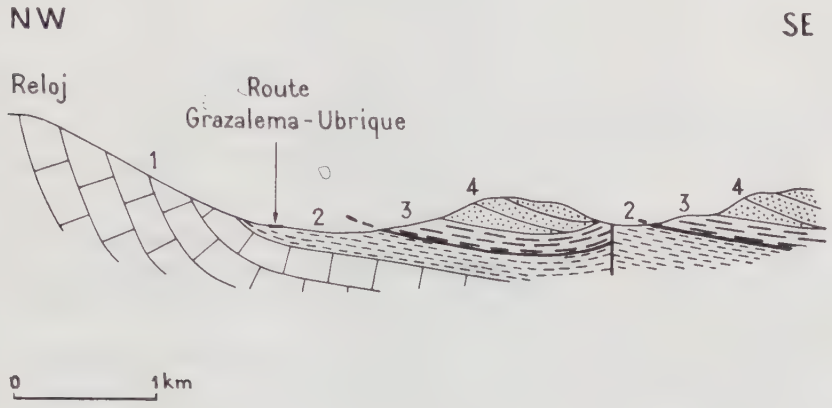


Fig. 61.—Coupe du Pénibétique et de la nappe de l'Aljibe au Sud-Est du Reloj.

1 : Jurassique pénibétique ; 2 : Crétacé supérieur et Eocène pénibétique ; 3 : Série de base de l'Aljibe ; 4 : Grès de l'Aljibe.

Ces dernières comportent de l'Eocène inférieur (645) à :

— *Globorotalia bullbrooki.*
— *Globorotalia aragonensis.*
— *Globorotalia* cf. *rex.*
— *Globigerina* sp.
— *Aragonia* sp.
— *Cibicides* sp.

L'Eocène moyen (640) est riche en microfaune :

— *Hantkenina* (*Applinella*) cf. *longispina.*
— *Hantkenina* cf. *dumblei.*
— *Globorotalia spinulosa.*
— *Globorotalia* cf. *rex*
— *Globorotalia bullbrooki.*
— *Globorotalia* sp.
— *Catapsydrax dissimilis.*
— *Globigerina yeguaensis.*

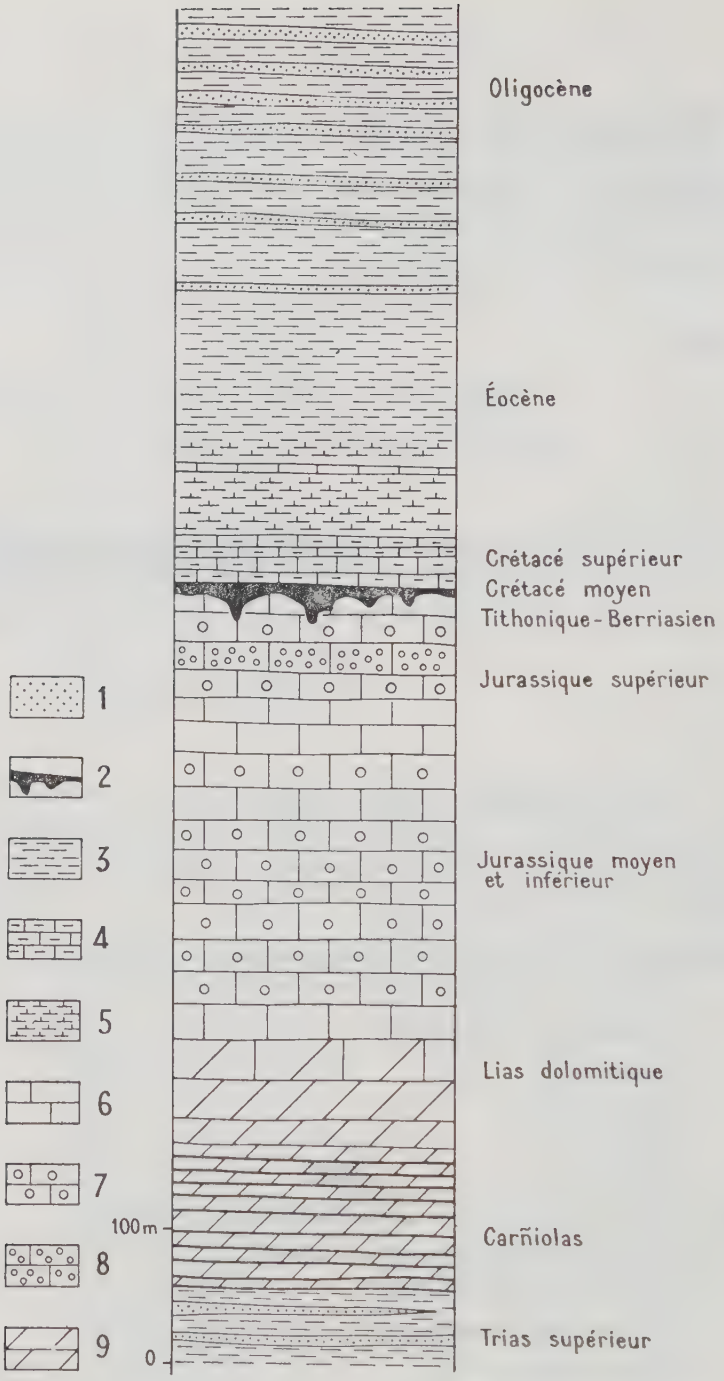


Fig. 62.—Série stratigraphique du Pénibétique au Sud du corridor de Boyar.

1 : Grès ; 2 : Marnes et hard-ground du Crétacé moyen ; 3 : Argiles ; 4 : Calcaires marneux ; 5 : Marnes ; 6 : Calcaires compacts ; 7 : Calcaires oolitiques ; 8 : Calcaires graveleux ; 9 : Dolomies.

— *Globigerina* sp.
— *Porticulasphaera mexicana.*
— *Cibicides* sp.

III. Conclusion

De l'étude des coupes décrites plus haut, et des observations de P. HOPPE dans les Sierra Blanquilla, de Libar, d'Endrinal et d'Ubrique, on peut reconstituer assez bien la série stratigraphique du Pénibétique du Nord de la province de Cadix (fig. 62).

Sur un Trias calcaro-dolomitique (Muschelkalk) puis argileux et gréseux grise et jaune du "Rhétien". Le Lias, dolomitique à la base, passe vers le rouge (sommet du Keuper), reposent des dolomies bien litées de couleur haut à des calcaires compacts puis à des calcaires oolitiques ou pseudo-oolitiques. Au Jurassique supérieur correspondent des calcaires compacts et les calcaires finement oolitiques se poursuivent jusqu'au Tithonique, quelquefois noduleux et rouge. Ces calcaires se terminent, suivant les points, par du Tithonique supérieur ou du Berriasien à Calpionelles.

Une grande partie du Crétacé inférieur manque. Les calcaires jurassiques sont creusés par un karst, que de minces dépôts ferrugineux (hard-ground) puis des marnes vertes d'âge albien ou cénomanien (selon les points) surmontent directement.

Le Crétacé supérieur comprend les "couches rouges" dont le faciès va se poursuivre jusque dans l'Eocène. Les niveaux tertiaires sont cependant plus marneux que ceux du Crétacé supérieur.

A la fin de l'Eocène et à l'Oligocène, la sédimentation change et des apports détritiques apparaissent, tandis qu'un flysch typique apparaît dans les niveaux les plus élevés.

Chapitre XIII

LES TERRAINS POST-OROGÉNIQUES

I. Généralités

Sur les différentes unités décrites précédemment repose en discordance une série de dépôts marins, le plus souvent horizontaux. Ceux-ci se sont déposés après la fin de la mise en place des nappes de glissement de l'Ouest des cordillères bétiques. Ces dépôts débutent au Miocène supérieur et se sont poursuivis pendant le Pliocène. Un épisode lacustre couronne le tout, après que la mer se soit définitivement retirée, laissant la place à l'érosion et à la sédimentation continentale.

II. Le Miocène supérieur

Dans la zone cartographiée, le Miocène supérieur est assez peu développé, sauf dans la partie occidentale où il s'étend largement. En dehors de cette zone, le Miocène prend une extension particulièrement importante vers le Nord en direction du Guadalquivir.

1. Coupe de Medina Sidonia

Un des plus beaux affleurements de Miocène post-orogénique supporte la vieille ville de Medina Sidonia. Cette cité est construite sur des grès calcaires de type molassique qui reposent sur une série marneuse. Aussi conçoit-on facilement que cette butte-témoin ait tendance à se démanteler

Fig. 63.—Répartition des affleurements de Miocène supérieur et de Pliocène de la zone cartographiée.
(Hachures horizontales : Miocène supérieur ; hachures verticales : Pliocène).

et que l'on puisse voir des paquets entiers, séparés de la masse principale par de petites failles ou des diaclases, glisser en contrebas.

En quittant la route d'Alcalá à Chiclana et en montant à Medina Sidonia par le Sud, on peut suivre une coupe du Miocène qui se poursuit jusqu'au sommet de la butte, à l'ancien château.

A la base (x = 401,2 ; y = 208), on trouve des marnes gréseuses de couleur grise renfermant une belle microfaune du Miocène supérieur avec :

— *Globigerina bulloïdes.*
— *Globigerinoides* cf. *irregularis.*
— *Elphidium* cf. *crispum.*
— *Elphidium* sp.
— *Pullenia bulloïdes.*
— *Cibicides* sp.
— *Ehrenbergina* sp.
— *Cassidulina* sp.
— *Textularia* sp....

Au-dessus vient une soixantaine de mètres de calcaires grossiers à stratification entrecroisée, puis on trouve un niveau de calcaire ou de calcaire gréseux, bien consolidé. La série se poursuit par des grès calcaires à stratification entrecroisée (40 m.), des calcaires gréseux (70 m.) et des sables (10 m.). Le sommet de la série présente un faciès de grès calcaires, qui a livré quelques *Ostrea.*

Les faciès de cette molasse miocène sont peu variés. En dehors de quelques débris de Lamellibranches et de Bryozoaires, les niveaux grossiers sont assez pauvres en organismes. Par contre, les interlits marneux sont toujours riches. Ainsi, à la base des niveaux grossiers de l'entrée méridionale de Medina Sidonia, un sac de marnes a livré :

— *Globigerina bulloïdes.*
— *Globorotalia menardii.*
— *Uvigerina* sp.
— *Ehrenbergina* sp.

et quelques mètres plus haut :

— *Orbulina universa.*
— *Globigerina bulloïdes.*
— *Globigerina globorotaloidea.*
— *Globigerinoides triloba.*
— *Globorotalia menardii.*
— *Globorotalia* aff. *canariensis.*
— *Gyroidina girardana.*

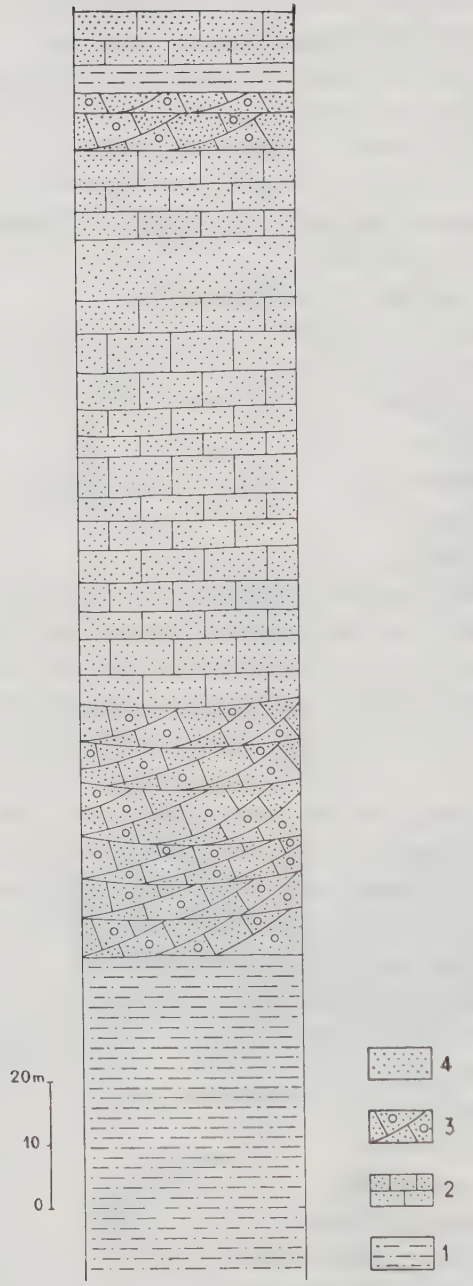


Fig. 64.—Coupe du Miocène post-nappe de Medina-Sidonia.

1 : Marnes gréseuses ; 2 : Grès calcareux ; 3 : Grès calcareux à stratifications entrecroisées ; 4 : Grès.

— *Pullenia bulloides.*
— *Elphidium* sp.
— *Cibicides* sp.

Ces deux microfaunes appartiennent aussi au Miocène supérieur.

2. Autres affleurements de la zone cartographiée

a) Feuille de Medina Sidonia

En bordure de la côte atlantique, on trouve une petite bande de Miocène supérieur, qui repose sur la nappe de l'Aljibe et s'enfonce sous le Pliocène.

b) Feuille de Paterna

Sur la feuille de Paterna, on retrouve du Miocène le long de la route du Puerto de Santa María à Jerez de la Frontera, au Cerro de San Cristóbal.

A la base, on rencontre une puissante série de marnes gréseuses grises ou bleues, à patine jaunâtre, qui ont livré une belle microfaune (1045) du Miocène supérieur avec :

— *Globigerina bulloïdes.*
— *Globigerina globorotaloides.*
— *Globorotalia* cf. *scitula.*
— *Orbulina universa.*
— *Ammonia beccarii.*
— *Uvigerina* cf. *rutila.*
— *Uvigerina pygmea.*
— *Uvigerina barbatula.*
— *Bulimina* sp.
— *Nonion pompilioides.*
— *Planulina ornata.*
— *Siphonina plano-convexa.*
— *Gyroidina soldanii.*

Quelques mètres plus haut, la faune du Miocène supérieur est encore très riche avec :

— *Globigerina bulloides.*
— *Globigerina globorotaloïdea.*
—*Globigerinoides triloba.*
— *Globigerinella* sp.

— *Globorotalia* cf. *scitula.*
— *Globorotalia menardii.*
— *Orbulina suturalis.*
— *Orbulina universa.*
— *Bolivina scalpata miocenica.*
— *Elphidium* cf. *crispum.*
— *Bulumina* cf. *buchiana.*
— *Sphaeroidina bulloides.*

La coupe se poursuit par des grès calcaires molassiques, identiques à ceux de Medina Sidonia et s'enfoncent sous les sables rubéfiés du Pliocène.

c) Feuille d'Algar

Sur la feuille d'Algar, on trouve des affleurements identiques, avec les mêmes microfaunes, à la Sierra Alta (Nord-Est de Paterna de Rivera) et à l'Esparragal. Par contre, sur le Jurassique de l'arc de las Cabras, on trouve, avec des faciès différents deux témoins de la transgression du Miocène sur cette zone. Il s'agit de grès calcaires et ferrugineux, passant à des microconglomérats, posés en discordance sur le Jurassique. Je n'y ai pas rencontré de microfaune, mais seulement des fragments d'os indéterminables.

Le second se trouve près de San José del Valle. Il repose à la fois sur le Trias, le Jurassique, et le Crétacé. Il s'agit de grès et de conglomérats à éléments calcaires, provenant du démantèlement des roches sous-jacentes. Il faut ajouter que, par endroits, la roche est pétrie de Lamellibranches à test épais.

Ces deux affleurements semblent correspondre à des sédiments littoraux. Il est fort possible que les placages de las Cabras soient les témoins des anciens rivages de la mer du Miocène supérieur. Ceci semble se confirmer morphologiquement car la mer miocène ne semble pas avoir dépassé l'altitude actuelle de 350 ou 400 m. En effet, les plus hauts sommets actuels en Miocène supérieur (Medina Sidonia) sont à quelques 339 m. et l'on peut noter une opposition dans la morphologie entre les formations affleurant à une altitude inférieure à 350 m. et celles qui affleurent plus haut. Ceci est particulièrement net pour les grès de l'Aljibe. Ceux-ci présentent en général des sommets aigus ou déchiquetés, ou chaque couche dure donne un banc en relief : c'est l'allure caractéristique de la région de la Sierra del Aljibe et en général de l'Est de la zone étudiée. Par contre, autour de Medina Sidonia et dans la région de Benalup de Sidonia, les mêmes couches déterminent des croupes arrondies, où il est souvent difficile de suivre les bancs. Cette région

est plus basse que le Miocène post-nappe, et le relief adouci que présentent les couches des grès de l'Aljibe dans cette région est sans doute dû à l'érosion ayant précédé l'envahissement de la mer miocène.

On aurait ainsi, au Miocène supérieur, pour la zone cartographiée, le paysage suivant : une zone occidentale et centrale, envahie par la mer, avec des îles comme Las Cabras ; et un rivage, où la mer battait à l'Est les reliefs de la nappe de l'Aljibe ; celle-ci a d'ailleurs fourni la plus grande partie des quartz des dépôts du Miocène supérieur.

3. Coupe du Miocène de Carmona

Une bonne coupe de Miocène supérieur post-nappe peut s'observer le long de la route Cordoue-Séville à l'entrée orientale de Carmona (1). Il y affleure des marnes grises qui vers le haut deviennent rapidement sableuses ; elles renferment une belle microfaune du Miocène supérieur (3002) avec :

Fig. 65.—Coupe du Miocène de Carmona (province de Séville).

— *Orbulina universa.*
— *Orbulina suturalis.*
— *Globigerina bulloides.*
— *Globigerina* sp.
— *Globigerinoides* sp.
— *Sphaeroidinella rutschi.*
— *Planulina ornata.*
— *Ammonia beccarii.*

(1) Ce sont ces niveaux du Miocène terminal que E. PERCONIG (1966) a proposé justement de placer dans l'Andalousien. Ce terme désignant la période de temps comprise entre le Tortonien et le Pliocène dans la série marnogréseuse de Carmona-Dos Hermanas.

— *Nonion pompiloides.*
— *Cibicides* sp.
— *Uvigerina* sp.
— *Bulimina* sp.
— *Pullenia bulloides.*
— *Elphidium* sp.
— *Bolivina* sp.
— *Marginulina* sp.
— *Robulus* sp.

Ces niveaux marneux sont surmontés par un banc de molasse de 3 à 4 m. d'épaisseur, qui forme un petit ressaut.

Les marnes sableuses grises qui viennent plus haut sont très gréseuses et contiennent aussi une microfaune du Miocène supérieur (3001) avec :

— *Globigerina bulloides.*
— *Orbulina* sp.
— *Ammonia beccarii.*
— *Asterigerina planorbis.*
— *Cibicides lobatulus.*
— *Cibicides* sp.
— *Elphidium* sp.
— *Nonion pompilioides.*
— *Pullenia bulloides.*
— *Bolivina* sp.
— *Uvigerina* gr. *pygmea.*

Enfin, au sommet on trouve une épaisse assise gréseuse qui forme la falaise de Carmona, et dans laquelle sont creusées des sépultures romaines. Il s'agit d'une molasse de couleur orange ou rouge, rarement jaune, formée de grès grossiers à ciment calcaire, renfermant par endroits des débris de Lamellibranches, d'Echinodermes, des Ostracodes et où J. MAGNÉ a trouvé seulement :

— *Nonion* sp.

III. Le Pliocène

Entre les dépôts pliocènes typiques et les dépôts du Miocène supérieur que nous venons de décrire, il semble qu'il y ait eu un certain soulèvement de la région, sans doute plus prononcé dans l'intérieur des terres que près de la côte. Cette surélévation a pu s'accompagner dans certains endroits d'un

faible plissement, qui n'est pas perceptible dans la zone cartographiée mais qui semble exister plus au Sud et plus au Nord. Cette surélévation a permis l'attaque des dépôts miocènes qui vont fournir l'essentiel du matériel rencontré dans les niveaux du Pliocène marin.

Les affleurements pliocènes de la zone cartographiée sont tous marins. Cependant des niveaux pliocènes lacustres plus récents existent au Nord de Jerez de la Frontera, en dehors de notre zone d'études.

1. Le Pliocène marin.

Il semble que la base du Pliocène soit formée de sables argileux, que l'on peut observer en certains points (en particulier au Sud-Est de Chiclana et dans la région de Puerto Real), et qu'on rencontre au fond des puits de la zone côtière entre Chiclana et le Puerto de Santa María.

Les niveaux supérieurs sont plus durs et passent à des calcaires grossiers.

Au Sud-Est de Chiclana de la Frontera (feuille de Medina) ainsi qu'au Sud du Río Salado, on trouve des sables jaunes, quelquefois consolidés avec des Lamellibranches (Pecten, Ostrea, Pectunculus...), et renfermant quelquefois de petits galets de quartzites. Les sables sont souvent argileux et ont livré une faune pliocène (956) avec :

— *Globigerina bulloides.*
— *Globigerinoides conglobata.*
— *Globorotalia* sp.
— *Elphidium* sp.
— *Ammonia beccarii.*
— *Hopkinsina bononiensis.*
— *Cibicides coryelli.*
— *Robulus* sp.
— *Bolivina* sp.
— *Marginulina* sp.
— *Textularia* sp.

Sur la feuille de Paterna, le Pliocène présente le même faciès, tant dans la région de Puerto de Santa María, que dans le grand coude du Río Guadalete au Nord de Torrecera là ($x = 397{,}5$; $y = 232{,}5$), les sables argileux jaunâtres ont livré une microfaune littorale (2750) avec :

— *Ammonia beccarii.*
— *Nonion* sp.

— *Globigerina* sp.
— *Globorotalia* cf. *scitula*.

Enfin, à Cadix, J. GAVALA signale des conglomérats coquilliers, avec des grès calcaires à :

— *Chlamys flexuosus* POLI.
— *Chlamys commutatus* PHILIPPI.
— *Pleuromectia cristata* BRON.
— *Pecten exisus* BROCCHI.

Du Pliocène moyen.

2. Le Pliocène lacustre.

Il faut signaler les couches les plus élevées du Pliocène qui affleurent au Nord de Jerez de la Frontera à las Mesas de Asta (12 Km. au Nord de Jerez, le long de la route de Trebujena) ainsi qu'à l'Est du village de la Curva (route de Jerez à Séville).

Sur les sables argileux du Pliocène marin, on trouve des couches d'origine lacustre avec, à la base, des argiles plastiques gris clair, que surmontent des calcaires blancs à silex. Ces derniers, bien lités à la base, avec des interlits d'argiles blanches à oogones de Characées, deviennent massifs au sommet. Les argiles ont donné par lavage des petits Gastéropodes, des Ostracodes et des oogones de Characées.

IV. Le Quaternaire

Le Quaternaire occupe de grandes surfaces dans les parties les plus basses de la province de Cadix. Sans entrer dans les détails, on peut cependant distinguer un Quaternaire ancien et un Quaternaire récent.

Le premier correspond à des surfaces d'épandage, particulièrement développées dans le cours moyen du Guadalete, ainsi qu'à des restes de cailloutis de l'ancien cours de ce río. Le second comprend les plaines alluviales récentes des différents cours d'eau. A ces deux distinctions, il faut ajouter les dépôts côtiers dunes et marais.

1. Le Quaternaire ancien

a) Les alluvions anciennes du Nord-Ouest de la Sierra del Valle.

Au Nord-Ouest de la Sierra del Valle on trouve une grande zone plane, traversée par la route de Jerez de la Frontera à Cortes de la Frontera, ainsi que par celle de Paterna de Rivera à Arcos de la Frontera.

Cette région correspond sans doute à une zone d'épandage de sédiments apportés par le Guadalete aux périodes de crues. Ceux-ci sont formés presque exclusivement par des sables légèrement argileux, de teinte rouge. Leurs faciès sont très constants sur toute l'étendue de cette plaine (2).

b) Les alluvions anciennes du Guadalete.

Quelques mètres au-dessus du cours actuel du Guadalete, on rencontre par endroits des cailloutis, restes des alluvions anciennes du Guadalete. Celles-ci sont plus fréquentes dans la basse vallée du Guadalete, entre Torrecea et Jerez de la Frontera. En certains points, comme par exemple au Nord de la lagune de Medina, elles remplissent d'anciennes dépressions, sans doute creusées par ce cours d'eau. L'allure générale de ces affleurements laisse supposer que le cours ancien du Guadalete, que l'on peut reconstituer en certains points, formait déjà des méandres.

Notons que l'on rencontre aussi d'autres témoins de terrasses fluviatiles le long d'autres vallées (Río Majaceite au Sud d'Algar, Río Alamo au Nord-Est de la Peña Arpada).

c) Les éboulis anciens.

De très grandes langues d'éboulis, souvent retaillées par l'érosion actuelle, s'étendent largement dans l'Ouest du massif de l'Aljibe. Ils diffèrent des éboulis actuels par leur morphologie très plate, qui témoigne d'un climat sans doute beaucoup plus humide que celui qui règne actuellement. Deux de ces éboulis sont particulièrement nets : le premier, le long du haut cours du Barbate, dans le massif de l'Aljibe, est recoupé par la route d'Alcalá au Puerto de Galiz ; le second se situe un peu plus au Sud, entre le Cerro

(2) Par comparaison avec les dépôts rouges continentaux de la région d'Huelva, J. Mabesoone (1963) pense que ces sédiments pourraient être d'âge villafranchien.

del Piojo et le Cerro del Viento, à l'Est de la route d'Alcalá au Puerto de Galiz.

2. Le Quaternaire récent

a) Alluvions fluviatiles.

Le Quaternaire récent forme les plaines alluviales des rivières actuelles. Il est particulièrement développé au Nord dans la vallée du Guadalete et au Sud, de part et d'autre des lits des affluents et du cours du Río Barbate. Il s'agit de dépôts fluviatiles typiques, avec des cailloutis, des sables et des argiles. Ces dernières sont particulièrement développées dans les alluvions des cours d'eau du Sud de la feuille d'Alcalá de los Gazules.

b) Les dunes.

De petites dunes se développent au voisinage de la côte atlantique, dans la baie de Cadix et au Sud de Cadix vers le Cap Trafalgar. Ce sont des sables remaniés par le vent, édifiés à partir de l'érosion marine des sables et des grès pliocènes.

c) Les marais.

A l'embouchure du Río Guadalete, ainsi qu'à celle du Río Salado de Chiclana, les zones basses sont formées de marais saumâtres. Entre Chiclana et Cadix, ils ont été aménagés en marais salants. Au Nord de Puerto Real, ils sont en cours d'assèchement et seront irrigués.

d) Les éboulis récents et les glissements.

Les éboulis récents sont particulièrement développés autour des massifs de grès de l'Aljibe et masquent souvent les couches sous-jacentes. Les glissements sont particulièrement fréquents dans les zones marneuses du Subbétique ainsi que dans le Miocène post-orogénique. Ils sont toujours actifs et rejouent chaque hiver.

V. Conclusion

Les terrains post-orogéniques de la province de Cadix débutent au Miocène supérieur et sont transgressifs sur les différentes nappes mises en évidence dans cette région. Leur étude permet de montrer qu'une partie de la

région a été envahie par la mer du Miocène supérieur qui y a laissé des marnes gréseuses, à la base, et des dépôts molassiques, au sommet. Après un épisode de régression, la mer envahit de nouveau les zones proches de l'Atlantique et laisse des sables et des grès du Pliocène (moyen ?). Après un soulèvement qui permet en particulier le creusement de l'embouchure du Guadalete, les zones basses seront comblées par des dépôts fluviatiles. Les derniers soulèvements permettent enfin le creusement des vallées actuelles.

Chapitre XIV

CONCLUSIONS GÉNÉRALES SUR LA STRATIGRAPHIE

L'analyse stratigraphique effectuée au cours des chapitres précédents modifie fortement les conceptions admises jusqu'à présent dans la province de Cadix. Cette région était classiquement considérée comme appartenant en totalité à la zone subbétique. On admettait que la sédimentation s'était poursuivie depuis le Trias jusqu'au Crétacé d'une manière plus ou moins continue. A l'aube du Tertiaire, une phase de plissement se serait produite avant la transgression du flysch. L'ensemble aurait été repris ensuite au cours d'une phase de plissement, ayant précédé le dépôt des molasses burdigaliennes.

L'étude stratigraphique détaillée nous a montré que, dans le Nord de la province de Cadix, existaient plusieurs séries stratigraphiques de même âge, mais possédant des caractéristiques sédimentaires différentes. Cette distinction se trouve d'ailleurs confirmée par l'étude tectonique. Nous rappellerons brièvement la composition de chacune de ces séries stratigraphiques.

I. Le Subbétique

Dans le Subbétique de la région de Cadix, étaient connus (J. Gavala, 1924) le Trias, le Jurassique et le Crétacé inférieur : plus récemment avait été caractérisé le Crétacé supérieur (J. Gavala, 1951).

La série stratigraphique du Subbétique est beaucoup plus complète et sans doute continue depuis le Trias jusqu'au Miocène inférieur du moins en certains points.

Au Trias, l'on peut rapporter des dolomies et calcaires (Muschelkalk) ainsi que des faciès gypsifères (Keuper).

Le Jurassique est caractérisé par une sédimentation dolomitique et calcaire, uniforme et continue, dans laquelle le Lias supérieur, l'Oxfordien, le Kimmeridgien et le Tithonique ont pu être datés.

Le Crétacé débute par des calcaires marneux blancs du Néocomien. Il se poursuit par des marnes et des marno-calcaires qui deviennent rouge saumon au Crétacé supérieur. Au sommet du Crétacé supérieur apparaissent des apports détritiques, qui annoncent la sédimentation du Tertiaire. Tous les étages ont pu être mis en évidence, soit par des macrofaunes (Crétacé inférieur), soit par des microfaunes (Crétacé moyen et supérieur).

Le Tertiaire est essentiellement marneux, mais les éléments détritiques sont assez constants. Le Paléocène comporte des bancs de calcaires gréseux, l'Eocène (s. s.) est très marneux avec des bancs de calcaires marneux, de calcaires organogènes et des calcaires gréseux. L'Eocène inférieur, l'Eocène moyen et l'Eocène supérieur ont pu être datés par des microfaunes, les unes pélagiques, d'autres benthiques. L'Oligocène affleure assez peu, mais ses marnes blanches et ses grès à quartz hyalin sont très caractéristiques. Le Miocène inférieur n'a pu être mis en évidence que sur la feuille au 1 : 50.000 de Paterna : il a été daté par des microfaunes pélagiques.

II. Le Pénibétique

Le Pénibétique débute par un Trias calcaro-dolomitique (Muschelkalk) puis argileux et gréseux (sommet du Keuper) sur lequel reposent des dolomies bien litées, jaune, du Rhétien. Le Lias est dolomitique à la base ; il se poursuit par des calcaires compacts et des calcaires oolitiques ou pseudo-oolitiques. Le Jurassique supérieur comprend des calcaires compacts et des calcaires oolitiques. Le sommet de la sédimentation carbonatée est daté, suivant les points, du Tithonique ou du Berriasien.

Le Crétacé inférieur est généralement absent, un karst est creusé au sommet des calcaires jurassiques, il est rempli par des marnes du Crétacé moyen, débutant par une surface durcie ferrugineuse et glauconieuse. Le Crétacé supérieur correspond aux "couches rouges" ; celles-ci se poursuivent d'ailleurs jusqu'à l'Eocène. Les niveaux de l'Eocène supérieur se chargent en argiles et les apports détritiques apparaissent. Ils donnent un flysch véritable à l'Oligocène.

Au front septentrional du Pénibétique existe dans le corridor de Boyar une série d'écailles (écailles de Majales et du Fresnillo) dont les caractères

stratigraphiques laissent supposer qu'elles viennent d'une région plus méridionale.

III. Les moronites

Ce sont des argiles et des marnes à Diatomées qui se sont déposées depuis la fin de l'Oligocène jusqu'au Miocène moyen. Ces dépôts correspondent sans doute à un domaine de sédimentation situé à la bordure septentrionale du bassin subbétique.

IV. L'unité del Algarrobo

L'unité del Algarrobo comporte une série stratigraphique à caractères essentiellement pélagiques, d'âge crétacé moyen et supérieur. L'Albien, le Vraconien, le Cénomanien, le Campanien et le Maestrichtien ont seuls été datés d'une manière sûre, mais il est possible que des niveaux plus récents (Eocène) existent. Cette série présente beaucoup d'analogie avec le Crétacé supérieur de l'"unité de Tanger" dans le Maroc septentrional.

V. Le flysch

Dans la zone cartographiée, seule affleure la nappe de l'Aljibe. On peut y distinguer deux éléments lithologiques principaux: "la série de base" et les grès de l'Aljibe.

La série de base comporte des argiles colorées dont l'âge est compris entre le Crétacé supérieur et l'Oligocène. Des niveaux plus durs y sont intercalés: il s'agit de calcaires gréseux à débris de Microcodium, à la fin du Crétacé supérieur et au Paléocène, et de conglomérats au Crétacé supérieur et à l'Eocène.

Les grès de l'Aljibe d'âge probablement oligocène ou miocène inférieur, sont formés par une puissante série de grès hétérométriques en bancs plus ou moins réguliers à caractères "flysch". A cette unité se rattachent également des grès grossiers du Miocène moyen (Miocène de los Pájaros), charriés avec la nappe de l'Aljibe, dont ils constituent d'ailleurs le produit de démantèlement.

Plus à l'Est, dans la région de Grazalema et d'Ubrique, affleurent d'autres unités du flysch (Unité du corridor de Boyar et Unité d'Ubrique) dont les faciès rappellent ceux d'autres unités flysch du Campo de Gibraltar.

VI. L'Unité de Paterna

L'Unité de Paterna se développe essentiellement dans la province de Cadix. Par ses caractères lithologiques et par ses microfaunes, elle se rapproche de la série de base de la nappe de l'Aljibe. L'opposition fondamentale entre les deux unités est d'ordre tectonique.

VII. Les terrains post-orogéniques

Ils se sont déposés après la mise en place définitive des nappes de l'extrémité occidentale des cordillères bétiques ; ils débutent au Miocène supérieur, sous des faciès molassiques : ceux-ci se poursuivent dans le Pliocène. Un épisode lacustre couronne les dépôts pliocènes. Au Quaternaire, la sédimentation est continentale et consiste en alluvions, éboulis et grandes surfaces d'épandages.

Sans essayer de reconstituer l'histoire sédimentaire de l'extrémité occidentale des Cordillères bétiques, ce qui sera fait dans la dernière partie, on peut cependant déduire des données stratigraphiques, qui ont été brièvement résumées plus haut, que chacune de ces séries sédimentaires peut trouver sa place dans un des deux domaines de sédimentation suivants :

— Un domaine à sédimentation à dominante calcaire et marneuse.

— Un domaine de sédimentation à dominante "flysch".

Dans le premier domaine (domaine externe au sens large peuvent trouver place les moronites, le Subbétique sensu stricto), le Pénibétique (sauf au Tertiaire), l'Unité del Algarrobo. Dans le second, nous placerons les différentes unités du Flysch (nappe de l'Aljibe, unité flysch du corridor de Boyar et d'Ubrique) ainsi que l'Unité de Paterna.

Le tableau 4 résume la composition stratigraphique de chacune de ces unités.

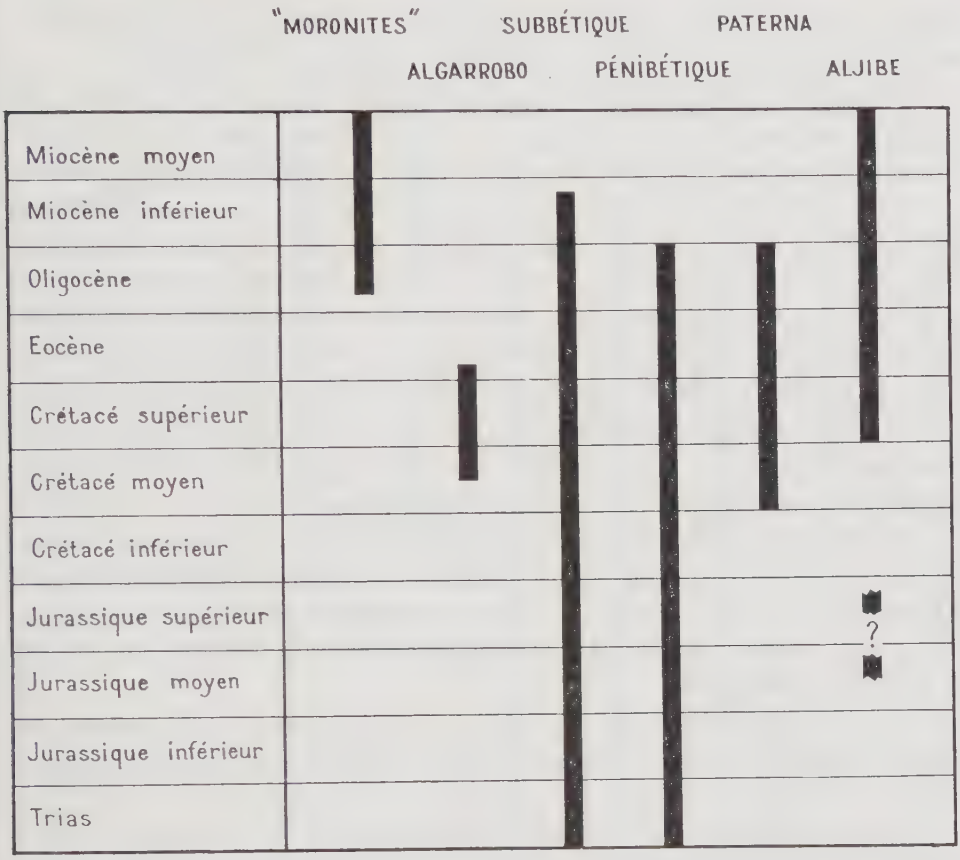


Tableau 4.—Répartition stratigraphique des différentes unités affleurant dans la province de Cadix.

ADDENDUM

Analyses d'argiles.

Monsieur le Professeur G. MILLOT a bien voulu accepter l'étude de certains matériaux argileux de mon terrain d'étude. Une douzaine d'échantillons ont pu être ainsi analysés au Laboratoire de Géologie de Strasbourg. Ils provenaient de différentes unités définies dans le Nord de la province de Cadix. Des différences sont apparues qui permettent de prévoir des développements intéressants.

Si la montmorillonite est toujours présente, elle est nettement dominante

dans certains cas. Si bien que les échantillons étudiés peuvent se classer en trois groupes. (Rapport de G. MILLOT, J. LUCAS et H. PAQUET.)

Un premier groupe à montmorillonite quasi-exclusive qui fournit des diagrammes, caractérisés par des pics de diffraction assez flous comporte des argiles qui ont été prélevées dans quatre affleurements de moronites.

Un second groupe très voisin du précédent quant aux teneurs relatives de la fraction minéralogique, mais très différent par la qualité des pics de diffraction, très intenses et très aigus. Ceci est particulièrement net pour la kaolinite, qui donne des pics très propres et très pointus. La kaolinite est certainement très bien cristallisée dans les échantillons de ce groupe. Dans le groupe précédent, elle paraît au contraire très désordonnée et ne donne que de vilains pics parfois proches du fond continu. Les pics de montmorillonite sont eux aussi beaucoup plus intenses. Les échantillons de ce groupe appartiennent tous à l'unité de Paterna.

Le dernier groupe comporte des échantillons de provenances diverses (Trias et Crétacé supérieur subbétique, série de base de l'Aljibe, unité del Algarrobo...); dans ce groupe, la montmorillonite est nettement moins abondante voire même subordonnée, avec cependant une prédominance de l'illite dans le Subbétique.

L'unité de Paterna et les moronites ont été nettement caractérisées; les autres unités le sont moins, mais les comparaisons étaient difficiles, chacune de ces unités n'étant représentée que par un échantillon.

Il serait intéressant de poursuivre cette étude sur un plus grand nombre d'échantillons. Ceci permettrait de confirmer ou d'infirmer certaines ressemblances de faciès.

DEUXIEME PARTIE

Tectonique

L'étude stratigraphique des formations qui affleurent dans le Nord de la province de Cadix, a permis de caractériser un certain nombre d'unités dont les faciès sont différents et qui n'ont pu se déposer dans le même domaine de sédimentation.

Toutefois leurs caractères propres permettent de les regrouper et de les répartir en deux grands ensembles sédimentaires.

Un permier groupe présente les caractères des séries du "flysch du Campo de Gibraltar", et s'oppose au second ensemble dont les faciès sont de type pélagique.

Dans le premier groupe on peut placer la nappe du flysch de l'Aljibe et l'unité de Paterna ; nous lui associerons aussi les unités de type flysch de la région d'Ubrique et de Grazalema (unité d'Ubrique et unité du corridor de Boyar).

Il faut toutefois noter qu'en dehors des grès de l'Aljibe et de l'unité d'Ubrique qui sont de véritables flyschs, les autres séries (série de base de l'Aljibe en particulier) sortent du cadre d'une définition précise des flyschs. Toutefois leurs séries stratigraphiques, riches en argiles bariolées, contiennent des petits bancs calcaires ou gréseux qui comportent à leur base des figures de charge et de courants. Leur aspect général et leur constitution les éloignent des sédiments pélagiques et les rapprochent des sédiments du "domaine du flysch" avec lesquels elles ont de nombreuses analogies. En particulier les niveaux argileux sont identiques à ceux des interlits des grès de l'Aljibe ; de même la pauvreté en microfaune pélagique, la relative abondance des Arénacés, sont des caractères communs que l'on rencontre dans toutes les unités de type flysch.

Dans le domaine subbétique au sens large, malgré quelques apports détritiques, les sédiments sont tous pélagiques et, bien que les faciès varient d'une unité à l'autre, ce sont les marnes et les calcaires qui dominent. Dans ce groupe on peut ranger le Subbétique sensu stricto, les Moronites, l'unité del Algarrobo et le Pénibétique. Dans cette dernière unité, notons cepen-

dant que si les niveaux secondaires sont calcaires et marneux, au Tertiaire apparaît une sédimentation de type flysch.

Cette répartition des faciès, ainsi que les arguments structuraux, nous conduisent donc à la notion de deux bassins de sédimentation, dont les sédiments ont été rapprochés par une tectonique tangentielle. Dans les chapitres qui suivent, nous décrirons la tectonique de chacune de ces unités ainsi que leurs rapports mutuels.

Les positions relatives originelles de chacune de ces unités ne seront envisagées que dans la troisième partie, qui sera consacrée à la reconstitution paléogéographique de cette région avant les grands mouvements tangentiels, ainsi qu'au mécanisme de la mise en place des nappes.

Chapitre XV

L'UNITÉ DE PATERNA

I. Généralités

L'unité de Paterna apparaît toujours en fenêtre et constitue le terme structural le plus profond parmi les unités affleurant dans le Nord de la province de Cadix.

Cette unité, mise en évidence au Sud de Paterna de Rivera (P. Chauve, 1960-1962), avait d'abord été appelée "Subbétique inférieur", à cause de sa position sous le Subbétique (s. s.). Toutefois l'étude stratigraphique de cette unité m'a amené à l'opposer au Subbétique et à la rapprocher du terme structural le plus élevé, c'est-à-dire de la nappe de l'Aljibe. Ainsi que nous l'avons vu, l'unité de Paterna présente de nombreux liens de parenté avec la série de base de la nappe de l'Aljibe ; on y rencontre en effet les mêmes faciès d'argiles bariolées et les mêmes faunes d'Arénacés. Nous verrons plus loin comment interpréter la similitude de faciès entre ces deux termes structuraux actuellement séparés l'un de l'autre par les unités du domaine subbétique.

Dans ce chapître, nous nous contenterons de décrire les principales fenêtres de l'unité de Paterna et de voir leur position relative vis à vis des autres unités.

La position de chacune de ces fenêtres pourra être située sur la figure 54 qui indique la répartition des affleurements de l'unité de Paterna de la zone cartographiée.

II. Description des fenêtres de la zone cartographiée

D'Ouest en Est, on peut suivre les affleurements de l'Unité de Paterna grâce à une série de fenêtres qui la font apparaître sous le Trias marno-gypsifère.

Sur la feuille de Paterna, on rencontre successivement: la fenêtre de Sierrezuela (au Sud de Cerro de Sierrezuela, en x = 393 et y = 220), la fenêtre de Las Herrerías-Berroquejo (x = 400 et y = 221), la fenêtre de Paterna de Rivera (x = 403 et y = 216), la fenêtre de la Sierra Alta (x = 406 et y = 217).

Sur la feuille d'Algar, les principales fenêtres sont celles de la Peña Arpada (x = 410 et y = 215), de Pájaros (x = 414 et y = 213), de Picado Alto (x = 424 et y = 226,5).

Sur la feuille de Medina-Sidonia, citons la fenêtre de Granujales (x = 398 et y = 207), les deux fenêtres d'Almazán (x = 395,5 et y = 205), et celle de Naveros (x = 395 et y = 198).

Sur la feuille d'Alcalá de los Gazules, la fenêtre de la Naveta (x = 409 et y = 209) et celle de la Tablada (x = 413 et y = 209).

Plus à l'Est, dans la région d'Ubrique et de Grazalema, ainsi qu'au pied de la Sierra del Tablón, l'Unité de Paterna affleure dans les mêmes conditions.

1. Feuille de Paterna de Rivera

a) Fenêtre de Paterna.

La fenêtre de Paterna (fig. 66) se situe immédiatement au Sud du village de Paterna de Rivera et peut s'observer facilement car elle est recoupée du Nord au Sud par la route de Paterna à Medina. Entourée presque complètement par le Trias marno-gypsifère, elle supporte au Nord des marnes blanches du Subbétique et au Sud les argiles de base de la nappe de l'Aljibe. Cette disposition s'explique par le fait que cette fenêtre se trouve au front septentrional actuel de la nappe de l'Aljibe.

Le Nord de la fenêtre est limité par les couches triasiques, riches en gypse, affectées d'un pendage Nord assez faible, surtout au centre et à l'Ouest du dispositif. Le pendage est bien visible (fig. 67) au pied du Cerro Tajo. Vers l'Est, les pendages sont plus forts. Ce Trias supporte des marnes du Crétacé et du Tertiaire subbétiques.

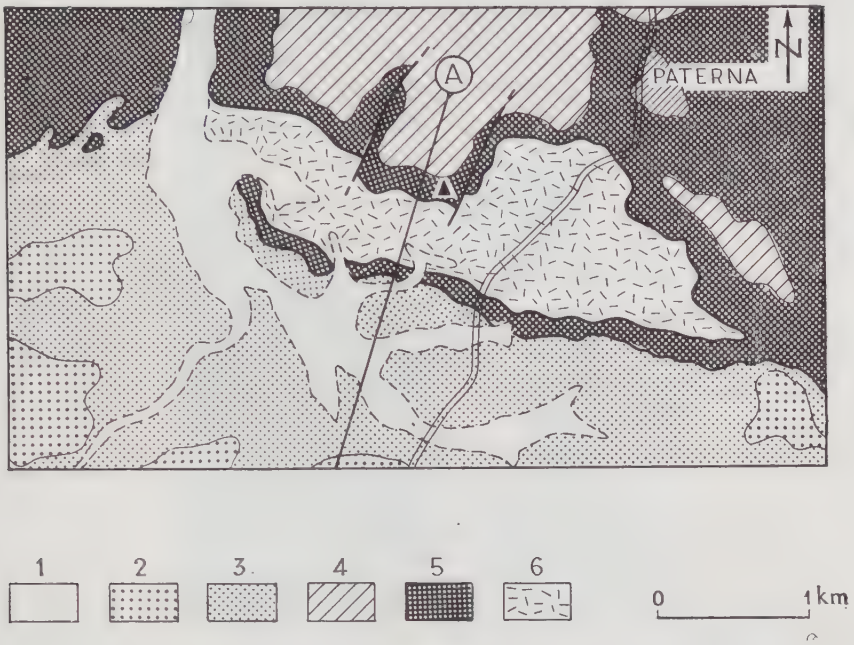


Fig. 66.—Carte géologique des environs de la fenêtre de Paterna.

1 : Quaternaire ; 2 : Grès de l'Aljibe ; 3 : Série de base de la nappe de l'Aljibe ; 4 : Subbétique ; 5 : Trias ; 6 : Unité de Paterna.

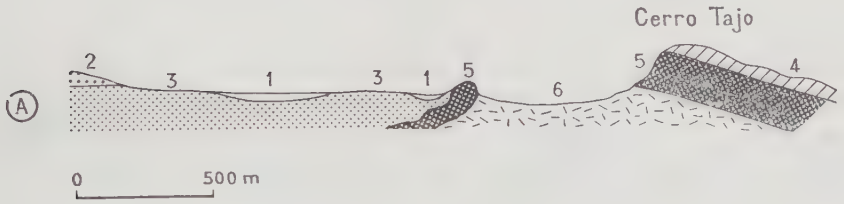


Fig. 67.—Coupe à travers la fenêtre de Paterna.

1 : Quaternaire ; 2 : Grès de l'Aljibe ; 3 : Série de base de la nappe de l'Aljibe ; 4 : Subbétique ; 5 : Trias ; 6 : Unité de Paterna.

Au Sud on peut suivre également une bande de Trias marno-gypsifère, alignée d'Ouest en Est, dont les pendages sont très forts et même parfois renversés, comme c'est le cas dans le petit piton situé immédiatement à l'Est de la route. Cette bande triasique sépare au Sud l'unité de Paterna

d'avec les argiles de l'unité de base de l'Aljibe. Dans la partie orientale, des bancs de calcaire à Microcodium sont coincés dans le contact anormal.

La bande triasique méridionale se poursuit vers l'Est et rejoint la grande masse de Trias qui ferme la fenêtre au Nord. Il existe donc, à l'Est, une fermeture du dispositif par le même Trias marno-gypsifère. A l'Ouest, par contre les dépôts quaternaires masquent la terminaison de la fenêtre, mais l'allure générale de la cartographie laisse aussi supposer cette fermeture.

A l'intérieur de la fenêtre, on voit assez mal la structure interne de l'unité de Paterna, les rares arrachements montrent que les argiles et les marnes sont très redressées et écrasées. Dans le Nord de la fenêtre, les lavages n'ont donné que des Arénacés, par contre au Sud, les argiles grises ont livré quelques Bélemnites du Crétacé moyen, mais les relations entre ces deux termes ne sont pas visibles.

b) Fenêtre de Sierrezuela (fig. 68).

Allongée d'Ouest en Est, au Sud du Cerro de Sierrezuela, cette fenêtre est assez difficile à observer car elle est située dans une zone cultivée. Seuls de petits ravineaux ainsi que l'entaille de la route de Jerez à Medina montrent les argiles et les grès de l'unité de Paterna. Ces derniers cependant sont bien développés dans la partie orientale. Ils donnent une morphologie de petites buttes arrondies recouvertes de palmiers nains.

La fenêtre de Sierrezuela apparaît sous la semelle triasique de la nappe subbétique. Des lambeaux de Crétacé et d'Eocène subbétique décollés sur le Trias peuvent s'observer tout autour de la fenêtre. Le contact entre le Trias et l'unité de Paterna peut se suivre tout autour de la fenêtre; il est bien visible au bord de la route Medina-Jerez, près du kilomètre 20,9. Dans le talus de la route on voit les couches triasiques, qui plongent à 50° vers le Sud-Est, surmonter les argiles de l'unité de Paterna. Le contact est aussi bien visible dans la partie Sud-Ouest de la fenêtre. On voit nettement les argiles bariolées de l'unité de Paterna s'enfoncer sous les grès triasiques de Las Herrerías qui plongent vers le Sud Ouest.

Au Nord, au niveau de la route de Jerez à Medina, le contact entre le Subbétique et l'unité de Paterna est difficile à suivre. On voit assez bien dans les champs les teintes blanchâtres du Subbétique et celles plus sombres des argiles de l'unité de Paterna, mais, en cherchant bien on arrive à rencontrer entre les deux, des fragments de gypse triasique, qui se suivent selon une ligne sensiblement Est-Ouest.

Fig. 68.—Carte géologique des environs des fenêtres de Sierrezuela et de Las Hererrías-Berroquejo (feuille de Paterna).
1 : Trias; 2 : Subbétique; 3 : Unité de Paterna.

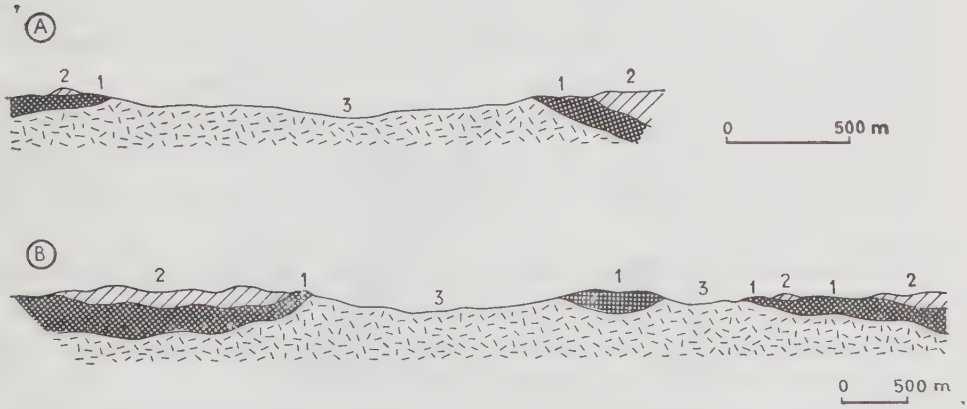


Fig. 69.—Coupes à travers les fenêtres de Sierrezuela et de las Herrerías (feuille de Medina Sidonia).
1 : Trias; 2 : Subbétique; 3 : Unité de Paterna.

Dans la partie occidentale de la fenêtre, les argiles sont fortement tectonisées et on trouve, emballés dans les argiles bariolées de l'unité de Paterna, de petits paquets de marnes et de marno-calcaires blancs ou roses du Crétacé supérieur ou de l'Eocène subbétique.

c) Fenêtre de Las Herrerías-Berroquejo.

Cette fenêtre s'ouvre immédiatement au Sud de la fenêtre de Sierrezuela. Allongée du Nord vers le Sud, elle est aussi entièrement entourée par le Trias marno-gypsifère qui la surmonte. Dans la partie Nord, un petit témoin de Jurassique, surmonté par le Castillo de Berroquejo (au niveau du km. 22) marque le contact nord oriental.

2. Feuille de Medina-Sidonia

Sur la feuille de Medina-Sidonia, les affleurements de l'unité de Paterna s'alignent sensiblement du Nord vers le Sud le long de la dépression qu'emprunte la route de Medina à Naveros. Les fenêtres, de taille modeste, apparaissent sous la nappe de flysch de l'Aljibe ; elles en sont séparées par une lame de Trias marno-gypsifère.

Du Sud vers le Nord, la première fenêtre se rencontre au Sud-Est du village de Naveros (fig. 70). En partie masquée par les alluvions, elle laisse cependant bien voir sa couverture tectonique triasique qui s'étend largement au Sud et qui enveloppe vers l'Est et au Nord les argiles et les grès de l'unité de Paterna. La partie occidentale est moins nette, car les alluvions cachent les contacts, mais au Sud-Est de Naveros un petit pointement de Trias (fig. 70) permet de limiter vers l'Ouest cette fenêtre.

En quittant la fenêtre de Naveros et en remontant vers le Nord, la route traverse la nappe de l'Aljibe, et recoupe d'abord les grès, puis les argiles de la série de base. Au niveau du cortijo del Lobo, on atteint les fenêtres d'Almazán.

Ce sont trois fenêtres alignées du Sud-Ouest vers le Nord-Est le long de la route de Naveros à Medina-Sidonia.

La fenêtre méridionale, allongée vers le Nord-Est, est entourée de Trias sauf au Sud où elle est masquée par les alluvions.

La fenêtre médiane est plus large. Plus au Sud dans le tournant de la route, on doit noter une petite fenêtre adjacente, complètement entourée de Trias.

Fig. 70.—Carte et coupes géologiques passant par les fenêtres de Naveros et de Almazán.

1 : Quaternaire ; 2 : Grès de l'Aljibe ; 3 : Série de base de la nappe de l'Aljibe ; 4 : Trias ; 5 : Unité de Paterna

A l'Est, le Trias repose presque à l'horizontale sur les argiles de l'unité de Paterna (fig. 70). Par contre à l'Ouest, le Trias est absent et la limite entre la série de base de l'Aljibe et l'unité de Paterna est assez difficile à mettre en évidence.

En progressant vers le Nord le long de la route de Medina, on rencontre la fenêtre la plus septentrionale de la feuille de Medina : la fenêtre de Granujales, située près du cortijo du même nom. Cette fenêtre, entièrement entourée par le Trias marno-gypsifère, est arasée par une ancienne surface d'érosion. A l'intérieur de la fenêtre on trouve, au Nord, les argiles habituelles du complexe de l'unité de Paterna, mais, au Sud, on trouve, emballé dans l'unité de Paterna, un grand paquet de couches appartenant à l'unité del Algarrobo. On reconnaît facilement les calcaires marneux blancs et vert clair de cette unité au bord de la route. Ils sont coincés entre le Trias et les argiles de l'unité de Paterna, qui se développent plus au Nord.

3. Environs d'Alcalá de los Gazules

L'unité de Paterna affleure largement à l'Ouest et au Nord-Ouest d'Alcalá de los Gazules. Signalons d'abord la fenêtre de la Naveta, qui s'ouvre au milieu de la grande masse de Trias qui s'étend à l'Ouest du Río Alamo. Du point de vue morphologique, cette fenêtre se présente sous forme d'une dépression fermée, allongée du Sud vers le Nord, et surmontée de toutes parts, par le Trias, qui repose sensiblement à l'horizontale sur les argiles de l'unité de Paterna.

La fenêtre de la Tablada (fig. 71) est bien visible lorsqu'en arrivant d'Alcalá, on descend en direction de l'Ouest vers le pont du Río Alamo. On voit très nettement à l'Ouest les couches marno-gypsifères du Trias reposer à l'horizontale sur les argiles et sur les niveaux de microbrèches de l'unité de Paterna redressés à la verticale. Le contact se suit bien au Sud et on le voit s'avancer vers le Nord au petit col de la Fuente de la Respeta (Km. 49); à cet endroit, une bande étroite de Trias passe au-dessus de l'unité de Paterna, séparant la fenêtre en deux parties, l'une occidentale (recoupée par le Río Alamo), l'autre orientale qui se développe au niveau de la route du Santuario. Le contact se redresse un peu au niveau de la route d'Alcalá (Km. 50) et disparaît ensuite vers l'Est sous les alluvions.

La fermeture septentrionale de cette fenêtre est plus difficile à suivre, car on trouve, directement au-dessus de l'unité de Paterna, la nappe de l'Aljibe, toutefois au niveau du col de la Fuente de la Respeta, on voit la

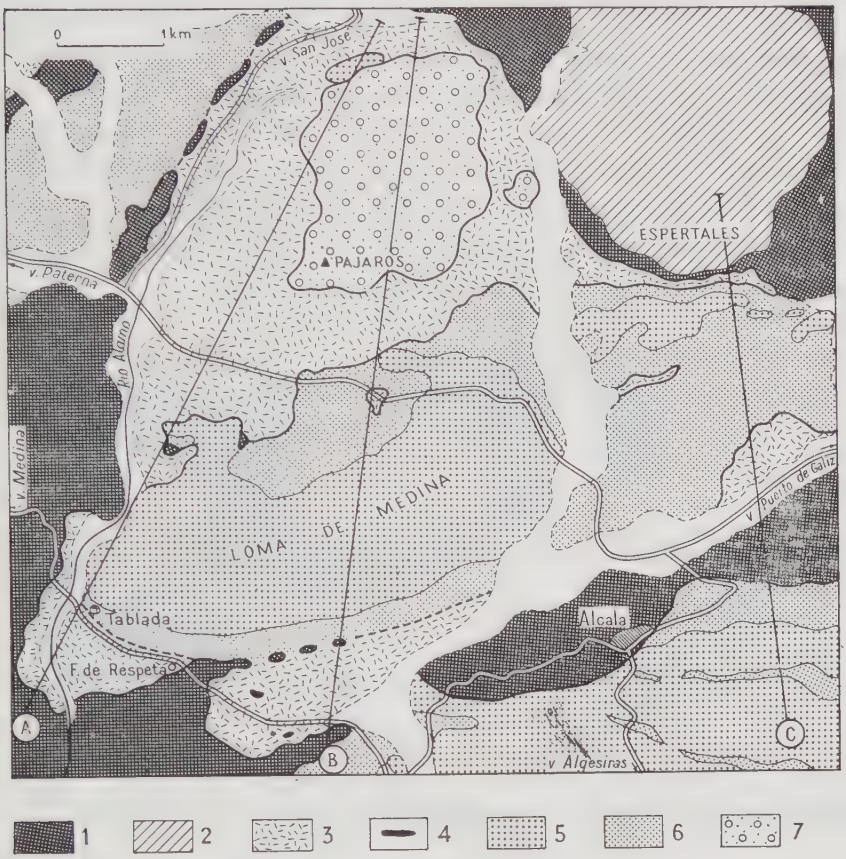


Fig. 71.—Carte géologique des environs d'Alcalá de los Gazules (feuille d'Alcalá et d'Algar)

1 : Trias ; 2 : Subbétique ; 3 : Unité de Paterna ; 4 : Lambeaux de calcaires pélagiques emballés dans l'Unité de Paterna (Crétacé et Eocène) ; 5 : Grès de l'Aljibe ; 6 : Série de base de la nappe de l'Aljibe ; 7 : Miocène moyen charrié de los Pájaros.

langue de Trias s'enfoncer sous elle, et en se dirigeant vers l'Est, on peut suivre le contact grâce à de petits copeaux de Trias et à des sources salées qui indiquent la présence du Trias en profondeur.

A l'Est d'Alcalá de los Gazules, on retrouve les argiles de l'unité de Paterna, au Nord de la route du Puerto de Galiz. Ici aussi elles s'enfoncent sous la nappe de l'Aljibe. Du côté Sud, une masse de Trias affleure au Sud de la route : le contact n'est pas très clair, car il est masqué par les alluvions, mais il semble bien que les formations de l'unité de Paterna passent

sous le Trias. Plus au Nord, on retrouve, sous la nappe de l'Aljibe, dans des dépressions les affleurements de l'unité de Paterna, et au pied du Cerro d'Espertales on voit les argiles de l'unité de Paterna s'enfoncer sous le Trias qui supporte à son tour le subbétique (fig. 72 et fig. 77).

Au Nord-Ouest d'Alcalá, l'unité de Paterna affleure tout autour du Miocène charrié du Cerro de Pájaros (fenêtre de Pájaros). A l'Ouest, au Nord et à l'Est de ce massif, l'unité de Paterna s'enfonce sous le Trias marno-gypsifère, au Sud elle passe sous la nappe de l'Aljibe, avec localement de petits lambeaux de Trias coincés à la limite.

En résumé on voit que les différentes fenêtres des environs d'Alcalá (fenêtres de la Tablada, de l'Est d'Alcalá, du Sud d'Espertales et de Pájaros) constituent une seule grande structure entourée presque complètement

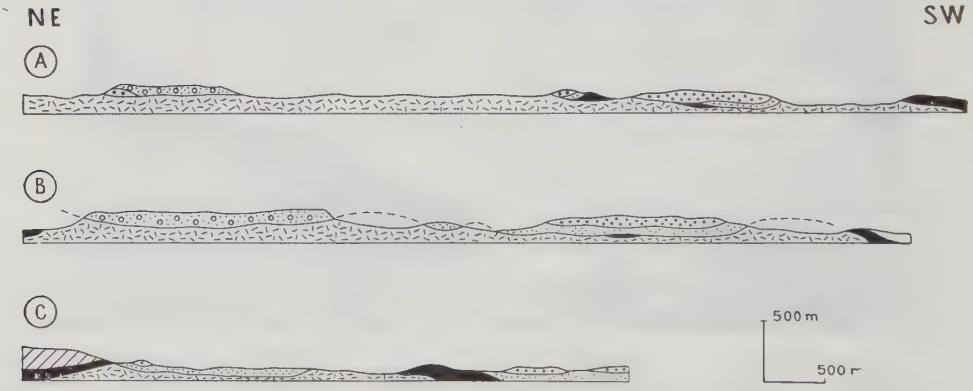


Fig. 72.—Coupes à travers les fenêtres d'Alcalá de los Gazules (les figurés sont identiques à ceux de la figure 77).

par le Trias marno-gypsifère qui le surmonte, en supportant quelquefois le Secondaire et le Tertiaire subbétique (Cerro d'Espertales). Sur cet ensemble enfin, sont posés tectoniquement deux grands lambeaux de flysch : au Sud la Loma de Medina (grès de l'Aljibe et argiles de base) et au Nord le Miocène de Pájaros. La coupe B de la figure 72 montre clairement cette disposition.

4. Feuille d'Algar

a) Fenêtre de la Sierra Alta.

La fenêtre la plus occidentale de la feuille d'Algar, se trouve à la limite des feuilles de Paterna de Rivera et d'Algar, au Sud et à l'Ouest du Mio-

cène post-orogénique de la Sierra Alta qui masque une grande partie de cette fenêtre.

Elle est limitée au Sud et au Nord par du Trias souvent fortement redressé, à l'Ouest le contact disparaît sous les alluvions.

b) Fenêtre de la Peña Arpada.

Plus au Sud-Ouest au niveau de la Peña Arpada, on retrouve l'unité de Paterna, complètement entourée par les couches marno-gypsifères du Trias qui la surmontent. Cette fenêtre s'étend sensiblement au front actuel

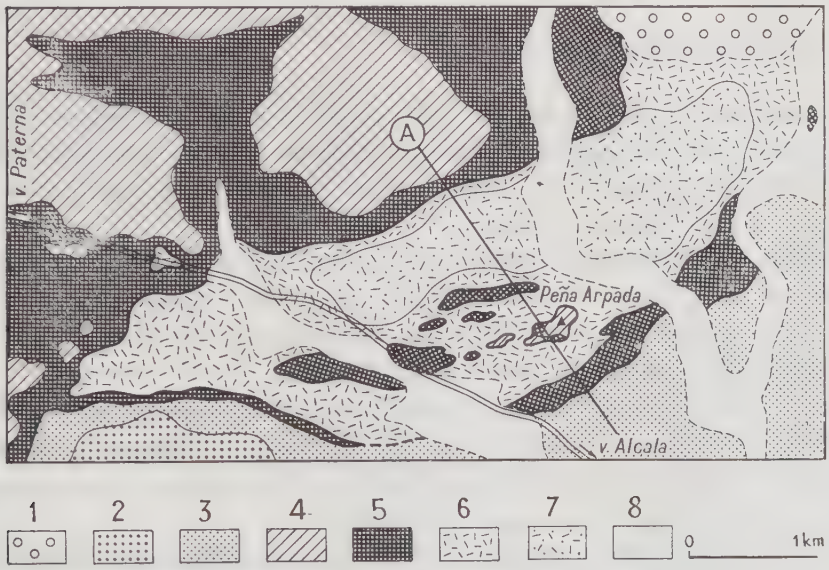


Fig. 73.—Carte géologique de la fenêtre de la Peña Arpada.

1 : Miocène post-nappe ; 2 : Grès de l'Aljibe ; 3 : Série de base de la nappe de l'Aljibe ; 4 : Subbétique ; 5 : Trias marno-gypsifère ; 6 : Unité de Paterna ; 7 : Faciès gréseux de l'Unité de Paterna ; 8 : Quaternaire.

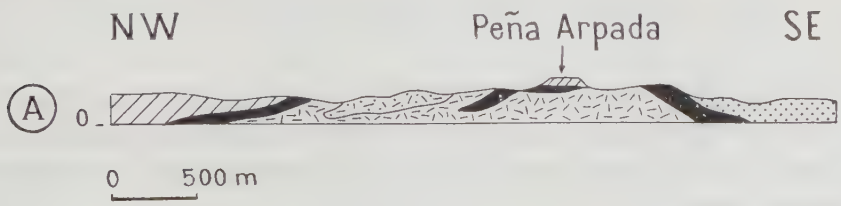


Fig. 74.—Coupe passant par la fenêtre de la Peña Arpada. (Les figurés sont identiques à ceux de la figure 73.)

de la nappe du flysch de l'Aljibe et au Sud du Subbétique. Elle se trouve donc dans la même position que la fenêtre de Paterna, et dans son prolongement.

Par contre, elle supporte en son centre un petit lambeau du Jurassique moyen subbétique : la Peña Arpada, dont les calcaires surmontent de petits paquets de Crétacé inférieur, d'ophites et de gypse triasique, coincés entre eux et les argiles de l'unité de Paterna.

D'autres lames de Trias sont soit posées sur celles-ci, soit coincées dans les argiles. La partie septentrionale de la fenêtre comporte des masses assez importantes d'un grès fin légèrement micacé, d'âge indéterminé.

c) Les autres fenêtres.

Les autres fenêtres que l'on trouve sur la feuille d'Algar se situent toutes autour de l'arc de Las Cabras et montrent que cet ensemble subbétique flotte entièrement, par l'intermédiaire d'une semelle marno-gypsifère triasique, sur l'unité de Paterna.

A l'Est de la Sierra de Las Cabras, au milieu du Trias qui supporte le Subbétique ($x = 424{,}4$ et $y = 226$) on trouve une dépression dont le fond montre des argiles verdâtres, contenant des Arénacés, et dont le faciès est tout à fait identique à celle de l'unité de Paterna.

Au Sud-Ouest de la Loma de Poyales, au Km. 9 du chemin d'Alcalá à San José del Valle ($x = 413{,}3$ et $y = 218{,}7$) on voit nettement les argiles de l'unité de Paterna s'enfoncer sous le Trias qui supporte à son tour les couches subbétiques de la Loma de Poyales.

Plus au Sud enfin, au Nord de l'affleurement subbétique d'Espertales, on trouve sous le Trias, un tout petit affleurement d'argiles de l'unité de Paterna.

III. Extension de l'unité de Paterna ver l'Est

Au Nord-Est de la zone cartographiée, l'unité de Paterna a été retrouvée dans une position analogue (sous le Trias subbétique) dans la région d'Ubrique, de Grazalema et de Zahara (P. Chauve, 1962 ; P. Chauve et P. Hoppe, 1962).

Tout le massif subbétique (Sierra de Grazalema) flotte par l'intermédiaire d'une semelle de Trias marno-gypsifère sur l'unité de Paterna qu'on

trouve d'une manière systématique tout autour du massif, et qui s'étend largement en direction de Montecorto.

Plus récemment (P. CHAUVE et Y. PEYRE, 1966) des témoins de l'unité de Paterna ont été reconnus dans la région de Villanueva de San Juan au pied du massif du Tablón. Là encore on retrouve les mêmes faciès dans la même situation tectonique.

IV. Position structurale et extension de l'unité de Paterna en direction du bassin du Guadalquivir

1. Place de l'unité de Paterna dans le Nord de la province de Cadix

Les principales fenêtres de l'unité de Paterna, que nous venons de décrire, montrent que cette unité peut se suivre depuis la côte atlantique jusqu'au niveau de Villanueva de San Juan, c'est-à-dire, sur une distance de plus de 120 Km. d'Est en Ouest. La position tectonique de cette unité, subordonnée au Trias marno-gypsifère, explique la discontinuité des affleurements, qu'on trouve seulement dans des fenêtres.

Il reste cependant à expliquer la position structurale de cette unité, par rapport aux autres unités qui affleurent dans la province de Cadix. Car les fenêtres de l'unité de Paterna percent aussi bien au milieu du domaine subbétique que sous la nappe de l'Aljibe. Quelquefois même le Subbétique et la nappe du flysch de l'Aljibe s'affrontent de part et d'autre d'une fenêtre.

Un premier fait capital réside dans la présence pratiquement constante du Trias marno-gypsifère au-dessus de l'unité de Paterna, même lorsqu'elle se rencontre sous la nappe de flysch de l'Aljibe.

Si l'on se dirige vers le Sud de la province de Cadix, dans le Campo de Gibraltar, à partir du moment où l'on ne rencontre plus de couches subbétiques (Jurassique à Tertiaire), on ne rencontre plus non plus de Trias marno-gypsifère. Dans le Sud du Campo de Gibraltar, les contacts entre les différentes unités du flysch ne sont jamais soulignés par des copeaux triasiques. D'autre part dans l'ensemble des Cordillères bétiques, ce Trias marno-gypsifère semble bien lié au domaine subbétique. Enfin lorsqu'on trouve (région de Facinas, Sud d'Alcalá...) des lambeaux de Subbétique sous la nappe de l'Aljibe, le Trias marno-gypsifère lui est toujour associé. Il semble donc logique d'attribuer systématiquement le Trias marno-gypsifère au domaine subbétique.

Il en résulte alors que l'unité de Paterna, qui se trouve être l'élément le plus profond de l'édifice structural de l'Ouest des Cordillères bétiques, supporte d'une manière constante la nappe subbétique (Trias dans tous les cas, Trias et séries secondaires et tertiaires quelquefois). Tout cet ensemble s'enfonce à son tour sous la nappe du flysch de l'Aljibe.

Toutes les fenêtres décrites précédemment s'expliquent alors, en particulier celles situées au front de la nappe du flysch, car le Trias (Subbétique) est presque toujours à la base de la nappe de l'Aljibe.

On comprend ainsi comment dans la région d'Alcalá de los Gazules, la grande fenêtre de l'unité de Paterna puisse être surmontée, d'un côté (au Sud) par la nappe de l'Aljibe, de l'autre (au Nord) par le Crétacé-Nummulitique subbétique (fig. 71 et 72).

Quant aux contacts entre le Trias et l'unité de Paterna, ils sont le plus souvent horizontaux ou peu inclinés ,mais quelquefois ils sont redressés. Je pense que dans ce cas il faut faire intervenir des mouvements tardifs postérieurs à la dernière phase de mise en place des unités.

2. Assimilation de la nappe de Carmona à l'unité de Paterna

Dans le tome I du Livre à la mémoire de P. FALLOT, E. PERCONIG a décrit les sondages pétroliers du bassin du Guadalquivir, tandis que, dans le même ouvrage, je définissais d'après les études de surface, l'unité de Paterna. Indépendamment l'un de l'autre, nous étions amenés à voir des relations entre la série de base de l'Aljibe (faciès, microfaunes d'Arénacés...) l'un avec la nappe de Carmona, l'autre avec les argiles de l'unité de Paterna.

On sait que certains sondages pétroliers du bassin du Guadalquivir (fig. 101) ont fourni en profondeur des échantillons d'une masse argileuse, charriée vers le Nord, et reposant sur le Miocène moyen qui forme la couverture du socle de la Meseta.

A cause des similitudes observées, tant dans les faciès que dans les microfaunes, j'ai proposé (P. CHAUVE, 1961 et 1963) d'associer les deux éléments (nappe de Carmona et unité de Paterna) dans un même ensemble, sur lequel tout le Subbétique de l'Ouest des Cordillères bétiques serait charrié.

V. Conclusion

L'unité de Paterna est connue dans l'Ouest des Cordillères bétiques d'une manière discontinue, en raison de sa position structurale en fenêtre sous les autres unités. D'Ouest en Est, elle s'observe depuis la côte atlantique jusque dans la région de la Sierra du Tablón. Du Sud vers le Nord en la rencontre depuis la latitude de Vejer jusqu'à la région de Carmona (en sondages).

Cette unité s'avère être un élément tectonique primordial des Cordillères bétiques occidentales et correspond au terme structural charrié le plus profond dans l'édifice tectonique. Elle supporte l'ensemble des autres unités : le Subbétique et le flysch de l'Aljibe. Le problème de sa mise en place, et celui de sa signification paléogéographique seront discutés dans la troisième partie.

CHAPITRE XVI

TECTONIQUE DU SUBBÉTIQUE

I. Généralités

Déjà, dans un chapitre précédent, consacré à l'unité de Paterna, il a été question du Subbétique, car ces deux unités sont intimement liées. Les coupes qui ont été données montrent bien les rapports de superposition entre ces deux unités. Dans ce chapitre, nous nous proposons d'étudier la tectonique interne propre du Subbétique (s. s.).

II. Caractères généraux du Subbétique

1. Le matériel stratigraphique

L'étude stratigraphique entreprise dans la première partie nous a montré que la série subbétique débutait au Trias et se poursuivait d'une manière sensiblement continue jusqu'au Miocène inférieur.

Du point de vue lithologique, les niveaux successifs peuvent se grouper en trois ensembles principaux :

— A la base des couches marno-gypsifères appartenant probablement au Keuper.

— Au-dessus un ensemble de niveaux compétents dont l'âge est compris entre le Lias et le Crétacé inférieur, avec de bas en haut des dolomies liasiques, des calcaires du Jurassique moyen-supérieur et des calcaires marneux du Crétacé inférieur.

— Le reste de la série (du Crétacé supérieur au Miocène inférieur) est essentiellement marneux.

Ces trois ensembles sont très caractéristiques et on arrive à bien les séparer dans le paysage. En effet, les affleurements triasiques sont toujours de teintes foncées (surtout rouges) et se présentent sous un aspect chaotique; de plus ils sont couverts par une végétation très maigre. Les niveaux calcaires et dolomitiques donnent toujours des reliefs relativement importants, avec des pentes souvent très fortes. Quant au Crétacé supérieur et au Tertiaire, qu'il soit cultivé ou couvert de maquis, ses croupes arrondies de teinte blanchâtre se repèrent assez bien.

2. Allure générale des couches subbétiques

Dans l'Ouest des Cordillères bétiques, le Subbétique ne forme pas une nappe continue, mais se présente sous forme de paquets séparés les uns des autres et décollés sur le Trias. Ce phénomène est bien visible sur la carte géologique au 1 : 100.000 du Nord de la province de Cadix et il se voit déjà sur la carte d'Espagne au 1 : 1.000.000

Cette allure désordonnée, en "radeaux" flottant sur le Trias, n'est pas due à l'érosion, mais à des phénomènes tectoniques. En effet, on ne retrouve pas de traits structuraux communs lorsqu'on passe d'un paquet à un autre. Chacun de ces blocs a joué pour son propre compte et a glissé indédendamment des autres.

Les contacts avec le Trias sont toujours disharmoniques et l'on peut trouver n'importe quel niveau en contact direct avec le Trias marno-gypsifère (et le plus souvent reposant par la tranche sur ce dernier). Ce fait est une caractéristique essentielle du Subbétique dans l'ensemble des Cordillères bétiques, et c'est justement dans la zone subbétique (dans la province de Murcie), que P. FALLOT (1944) a proposé le terme de rabotage basal pour ce type de structure.

Si l'on regarde la carte géologique au 1 : 100.000 du Nord de la province de Cadix, un troisième fait apparaît très clairement: il est assez rare de trouver une série continue depuis le Lias jusqu'au Tertiaire. On ne l'observe qu'en certains points privilégiés (à l'intérieur de l'arc de Las Cabras par exemple), mais dans la plupart des autres cas on trouve (décollés sur le Trias):

— Soit des paquets contenant des couches comprises entre le Lias et le Crétacé inférieur.

— Soit des affleurements englobant le reste de la série (Crétacé supérieur à Tertiaire).

Cela revient à dire qu'il y a une indépendance tectonique entre les termes compétents et les termes incompétents de la série subbétique, et que chacun des ensembles lithologiques définis plus haut (Trias marno-gypsifère, Jurassique et Crétacé inférieur dolomitique et calcaire d'une part, marnes du Crétacé supérieur et du Tertiaire d'autre part), possède sa tectonique propre. Entre eux existent donc des niveaux de décollement.

3. Les niveaux de décollement

Il existe en effet deux niveaux de décollement principaux dans le Subbétique :

— Le niveau de décollement principal est constitué par les couches marno-gypsifères du Trias, ainsi qu'il est presque de règle dans la plupart des zones externes des chaînes de la Méditerranée occidentale. Il joue un très grand rôle en Afrique du Nord dans le Tell, dans le Rif externe et en Espagne méridionale dans le Subbétique.

— Mais il existe, dans le Subbétique de l'Ouest des Cordillères bétiques, un deuxième niveau de décollement au niveau du Crétacé moyen. Ce niveau de décollement, localisé entre l'Aptien supérieur et le Cénomanien inférieur, correspond à des niveaux de marnes très argileuses. Il explique d'ailleurs les difficultés que l'on rencontre pour caractériser l'Aptien, l'Albien et le Cénomanien basal.

Ce second niveau de décollement explique les "discordances" apparentes entre le Crétacé supérieur et le Tertiaire subbétique sur les termes inférieurs de la série comme c'est le cas par exemple au niveau de la Sierra de Dos Hermanas, qui va nous servir d'exemple.

4. Étude de la Sierra de Dos Hermanas

Cette Sierra (fig. 75 et 76) est située entre l'arc de Las Cabras, avec lequel elle est intimement liée, et la retenue du barrage de Guadalcacín. Son nom (Les Deux Soeurs) indique qu'elle porte deux sommets.

Du point de vue tectonique, elle correspond à un anticlinal orienté sensiblement d'Est en Ouest, dont le coeur est faillé longitudinalement ; de plus, les termes constituant ses flancs reposent par la tranche, sur le Trias marno-gypsifère. En effet, il n'y a pas de terminasion périclinale dans la

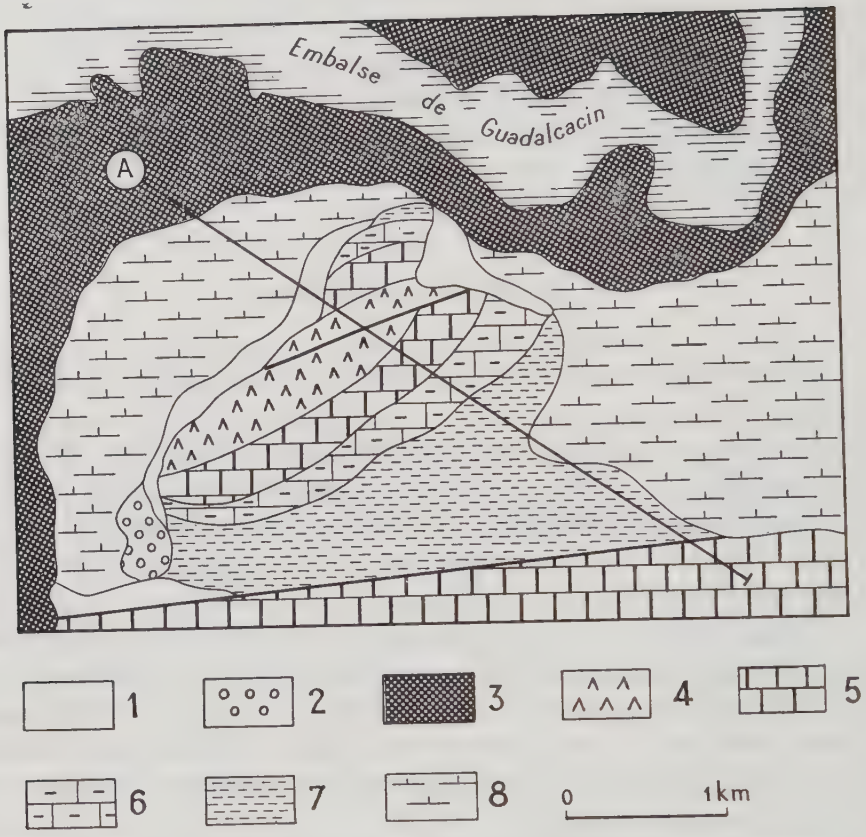


Fig. 75.—Carte géologique de la Sierra de Dos Hermanas (feuille d'Algar).

Terrains post-orogéniques.—1 : Quaternaire ; 2 : Miocène post-nappe.—Subbétique ; 3 : Trias ; 4 : Lias dolomitique ; 5 : Jurassique moyen et supérieur ; 6 : Kimmeridgien et Tithonique ; 7 : Crétacé inférieur ; 8 : Crétacé supérieur et Eocène.

Fig. 76.—Coupe de la Sierra de Dos Hermanas. (Les figurés sont identiques à ceux de la figure 75.)

partie orientale ; on voit bien ce phènomène le long du rivage de la retenue du Guadalcacín.

De part et d'autre de la faille, on peut voir sur chacun des flancs de l'anticlinal, une succession continue de couches depuis le Lias jusqu'au Cré-

tacé inférieur. Par contre, il est plus difficile de suivre les couches du Crétacé supérieur et du Tertiaire. Le contact de base de ces niveaux marneux recoupe en effet les couches (Jurassique et Crétacé inférieur) des flancs de l'anticlinal, à la manière d'une discordance angulaire. Or ces mêmes termes marneux sont en parfaite continuité sur le Crétacé inférieur un peu au Sud dans l'intérieur de l'arc de Las Cabras. Il serait surprenant qu'une phase tectonique ait affecté les couches du massif de Dos Hermanas sans modifier les couches de l'arc de Las Cabras, avec lesquelles elles sont liées (le Crétacé inférieur du flanc Sud de l'anticlinal de Dos Hermanas se poursuit d'ailleurs vers le Sud et se relie à celui de l'anticlinal de Las Cabras). La présence d'une surface de décollement dans les niveaux qui surmontent le Crétacé inférieur explique d'une manière simple cettte disharmonie et elle peut se retrouver dans les autres massifs que nous décrirons plus loin.

III. Tectonique du Trias

Comme dans l'ensemble de la zone subbétique, le Trias a joué le rôle de lubrifiant et a favorisé le déplacement des éléments qu'il supporte. Toutefois, en raison du volume qu'il représente, il mérite qu'on s'y attarde quelque peu.

Le Trias affleure de deux manières, soit sous forme d'un mince liseré à la base des unités tectoniques, soit sous forme de grandes masses affleurant sur de larges surfaces.

1. Le Trias à la base des contacts tectoniques

Dans presque tous les contacts tectoniques que nous avons suivis dans la zone cartographiée, le Trias joue un rôle primordial, car il sépare les différentes unités en contact. Dans ce cas, l'épaisseur des lames triasiques qui soulignent les contacts est généralement faible et les niveaux qu'on y rencontre (gypsifères le plus souvent) montrent des pendages. Ces pendages n'ont rien à voir avec la disposition originelle des couches triasiques, mais représentent en général *le pendage de l'accident*. Ce pendage (1) est dû aux

(1) Dans le Tell, A. CAIRE (1957) a particulièrement insisté sur les conditions de gisement du Trias à la base des unités et son rôle dans le déplacement des différentes unités sud-telliennes.

efforts tectoniques tangentiels produits lors des déplacements relatifs des deux unités en contact.

Ce phénomène est la conséquence du faible seuil de plasticité des couches triasiques, cette plasticité trouve son origine dans la présence de deux éléments très abondants: le sel et le gypse. Le sel n'affleure pratiquement plus, mais sa présence à l'intérieur des sédiments triasiques est prouvée par l'existence des nombreuses sources salées dont certaines ont été exploitées. Le gypse par contre, est très fréquent; on le trouve rarement en grandes masses, mais le plus souvent à l'état diffus sous forme de petits cristaux (de l'ordre du cm.) emballés dans la masse argileuse. Il arrive d'ailleurs qu'il occupe plus de la moitié du volume total des sédiments argileux.

On conçoit facilement que le Trias ait pu se comporter comme matériel "visqueux" par rapport aux autres sédiments, et que lors du déplacement relatif de ces sédiments, ce matériel se soit réorganisé en pseudo-couches glissant les unes sur les autres parallèlement à la surface de progression pour donner les pendages actuellement observables.

Des exemples de tels pendages sont fréquents. Le plus net est sans doute celui de la base du Cerro Tajo, au Sud de Paterna (fig. 67). Mais on peut en citer bien d'autres, ainsi celui du Sud du cerro d'Epertales (fig. 77), sur la feuille d'Alcalá de los Gazules; les couches éocènes subbétiques plon-

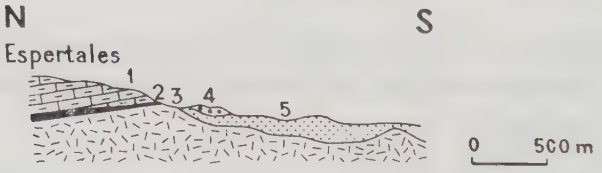


Fig. 77.—Coupe de la partie méridionale du massif de l'Espertales (feuille d'Algar). 1: Eocène subbétique; 2: Trias marno-gypsifère; 3: Unité de Paterna;; 4: Grès de l'Aljibe; 5: Série de base de la nappe de l'Aljibe

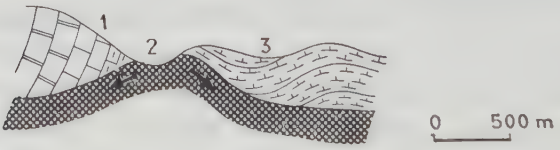


Fig. 78.—Coupe du flanc occidental de Las Cabas, au niveau du col de las Palomas. 1: Jurassique subbétique; 2: Trías marno-gyspsifère; 3: Crétacé supérieur subbétique

gent légèrement vers le Nord et reposent sur l'unité de Paterna, par l'intermédiaire d'une mince lame de Trias à pendage Nord.

Citons aussi le Trias du col de Las Palomas (fig. 78) au Sud de l'arc de Las Cabras (x = 423,3 et y = 219,7). Les "couches" triasiques plongent à l'Est et à l'Ouest et forment un col même un anticlinal dont les flancs supportent, de part et d'autre, diverses couches du Subbétique.

2. Les grandes masses triasiques

Ailleurs, le Trias affleure très largement. Il est particulièrement étendu dans l'Ouest de la zone cartographiée, où il couvre des surfaces considérables.

Il se trouve alors dans un état de très grand désordre et en reconstituer la stratigraphie est très difficile. Le plus souvent, affleurent des masses informes d'argile et de gypse, extrêmement mélangées et d'aspect très chaotique. Des blocs ou des paquets de dolomie ou d'ophites sont emballés dans ce complexe, sans qu'on puisse voir de relations stratigraphiques entre ces termes et la masse marno-gypsifère. Seuls les niveaux qui ne contiennent pas de gypse ont gardé une certaine régularité. Un exemple typique est celui de la coupe du Cortijo du Saltillo (fig. 17) sur la feuille d'Alcalá de los Gazules. Les couches en petits bancs sont formées de grès, de dolomie et d'argile bien lités qui plongent régulièrement vers l'Ouest. Mais lorsque le gypse apparaît (en haut de la coupe), on ne peut suivre aucune stratification et d'une série bien litée, on passe brusquement à une masse informe, complètement écrasée.

La même allure désordonnée apparaît aussi, au Nord de Ronda, dans la grande masse de Trias de la région de Pruna-Olvera. C'est sur cette masse chaotique que reposent les "klippes" du Subbétique et du flysch de cette contrée, décrite par M. BLUMENTHAL.

Il faut signaler aussi le sondage de Bornos (fig. 99-101) décrit par E. PERCONIG, où il a été rencontré quelque 2.500 m. de Trias renfermant des paquets de marnes subbétiques d'âge varié.

IV. Tectonique des terrains subbétiques post-triasiques

La carte au 100.000 du Nord de la province de Cadix (P. CHAUVE, 1966), montre l'étendue de la nappe subbétique.

Les affleurements des niveaux plus récents que le Trias sont moins

développés que ceux du Trias, mais il se répartissent sur toute l'étendue de cette zone triasique. En effet, ils ne correspondent pas à un grand affleurement unique dont certaines parties auraient pu être enlevées par l'érosion, mais se présentent sous forme de paquets isolés les uns des autres et complètement entourés par le Trias. Leur allure désordonnée apparaît d'ailleurs sur la carte, qui nous montre très nettement la localisation des affleurements de Subbétique en avant de la nappe de flysch de l'Aljibe. Elle nous montre aussi clairement que les affleurements subbétiques sont particulièrement développés au Nord-Ouest des feuilles d'Algar et de Paterna de Rivera.

Une autre constatation s'impose aussi, c'est la rareté (en dehors de l'arc de las Cabras) des affleurements jurassiques.

Enfin il faut signaler qu'en dehors de l'arc de Las Cabras où les structures peuvent se suivre sur une certaine distance, les autres massifs subbétiques présentent une tectonique complexe et le plus souvent difficile à reconstituer ; en particulier, les affleurements des couches du Crétacé supérieur et du Tertiaire qui se trouvent dans les zones cultivées. Si les blocs épars dans les champs permettent d'affirmer qu'il s'agit de Subbétique, et même d'en préciser le niveau, la rareté des affleurements empêche d'en saisir la structure.

Nous étudierons d'abord l'arc de Las Cabras-Loma de Poyales, car c'est dans ce massif que le Subbétique est le mieux développé, avec en particulier un important noyau jurassique. Nous donnerons ensuite quelques coupes dans le Subbétique des régions voisines.

1. L'arc de Las Cabras (fig. 79).

A) L'anticlinal jurassique et crétacé inférieur de Las Cabras -Sierra de la Sal.

Situé au centre de la feuille d'Algar, le massif de Las Cabras se présente en plan comme un long chaînon courbé en un vaste croissant dont la convexité est dirigée vers le Nord-Est. Ce chaînon est coupé au centre de la courbure par une cluse (la Boca de la Foz) qui montre bien la disposition anticlinale régulière des couches jurassiques. On trouve en effet (fig. 79, coupe V) au milieu de cette cluse, une belle charnière anticlinale à plan axial vertical dans les dolomies du Lias. De part et d'autre de cette charnière se développent régulièrement sur les deux flancs, les couches allant du Lias jusqu'au Crétacé inférieur. L'axe de l'anticlinal se prolonge en direction du Sud, mais le pli se déverse alors vers l'Est et une partie des couches les

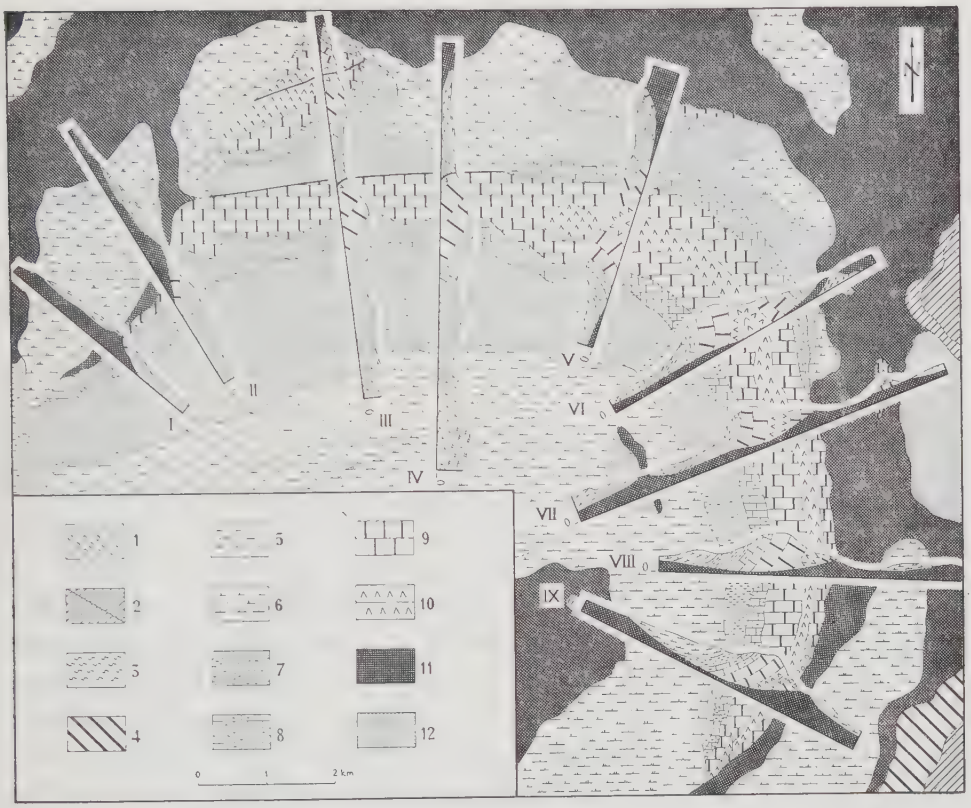


Fig. 79.—Carte géologique et coupes sériées dans l'arc de Las Cabras.

1 : Miocène post-orogénique ; 2 : Nappe de l'Aljibe (Grès et série de base) ; 3 : Unité de Paterna ; 4 : Unité del Algarrobo ; 5 : Eocène subbétique ; 6 : Crétacé supérieur subbétique ; 7 : Crétacé inférieur subbétique ; 8 : Tithonique et Kimmeridgien ; 9 : Lias supérieur à Jurassique supérieur ; 10 : Dolomies liasiques ; 11 : Trias marno-gypsifère ; 12 : Grès triasiques.

plus jeunes du flanc oriental disparaît : le Jurassique moyen du flanc inverse se trouve donc directement en contact avec le Trias (fig. 79, coupes VII-VIII et IX). Ce pli se termine au Sud assez brusquement, sans qu'il y ait plongement de son axe, il n'y a pas de terminaison périclinale observable.

Vers l' Ouest, le pli anticlinal se suit sur quelques kilomètres, puis une faille longitudinale subverticale fait disparaître le flanc nord. Le flanc méridional par contre, se suit régulièrement jusqu'au niveau de la Sierra de Dos Hermanas. Au Sud-Ouest de celle-ci, chacun des niveaux stratigraphiques de ce flanc (Sierra de la Sal) se trouve successivement au contact du Trias et les niveaux les plus récents du Crétacé inférieur, viennent alors buter con-

tre une faille qui sépare le chaînon de Las Cabras du chaînon de la Sierra del Valle.

Le Crétacé inférieur du flanc méridional se suit donc d'une manière continue depuis la région de San José del Valle jusqu'à l'extrémité sud-est de Las Cabras .Dans le flanc septentrional, le Crétacé inférieur est moins continu et ne se développe d'une manière régulière que dans la zone de courbure maximale, qui correspond d'ailleurs à la zone où l'anticlinal est régulier. Vers le Sud-Est, il disparaît ; vers le Nord-Ouest, il est par contre bien développé au Nord de la faille de la Sierra de la Sal et il relie l'anticlinal de Las Cabras à celui de la Sierra de Dos Hermanas.

B) Structure des couches plus récentes.

a) *Partie interne de l'arc de Las Cabras.*

Dans la partie intérieure de l'arc, les couches du Crétacé supérieur et de l'Eocène prennent un grand développement, surtout au niveau de la branche Est-Ouest ainsi que dans la zone de courbure maximale. Dans cette zone il semble bien que tous les niveaux soient en continuité stratigraphique depuis le Lias jusqu'à l'Eocène. Par contre, dans tous les autres cas (flanc septentrional et partie sud-est du flanc méridional), s'observe une disharmonie entre le Jurassique-Crétacé inférieur du pli anticlinal et les couches plus récentes, qui peuvent même être totalement indépendantes.

La Loma de los Poyales montre bien ce phénomène. Ses reliefs s'étendent à l'intérieur de l'arc de Las Cabras et correspondent à une structure synclinale dont le coeur est formé d'Eocène et les flancs de Crétacé supérieur. Cette structure se termine périclinalement à l'Est, mais à l'Ouest, les couches reposent successivement par la tranche sur le Trias.

Le flanc nord du synclinal de Los Poyales semble en continuité avec le flanc méridional de la Sierra de la Sal. Nous avons là un exemple de rabotage basal (2) de toute une série subbétique, depuis le Lias jusqu'à l'Eocène. Le fait est bien visible à l'Ouest, où l'on voit toutes les roches reposer par la tranche sur le Trias. Du côté sud, il est difficile de ne pas admettre le même phénomène. Quant au décollement au niveau du Crétacé moyen, il est difficile à mettre en évidence dans la partie nord de la Loma de los Po-

(2) Nous employons le terme de rabotage basal, dans un sens descriptif (couches reposant par la tranche sur leur substratum), sans tenir compte du caractère génétique souvent accordé à ce terme.

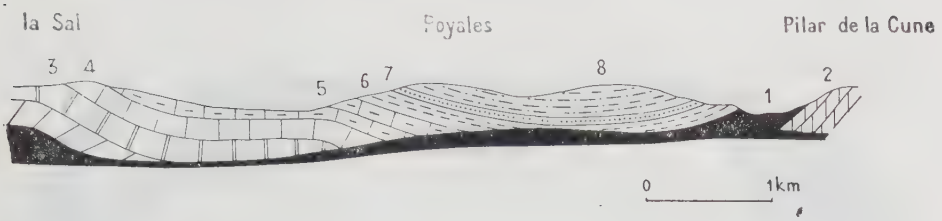


Fig. 80.—Coupe Nord-Sud de la Loma de Poyales.
1: Trias; 2: Calcaires dolomitiques; 3: Jurassique moyen; 4: Jurassique supérieur; 5: Crétacé inférieur; 6: Crétacé supérieur; 7: Paléocène; 8: Eocène.

yales, mais il doit expliquer la grande extension des affleurements de Crétacé inférieur sur lequel le Crétacé supérieur et l'Eocène auraient glissé, tout en restant à leur place stratigraphique. Ce niveau de décollement est d'ailleurs manifeste à l'Est, au niveau du petit affleurement de Trias visible le long du chemin qui suit intérieurement l'arc de Las Cabras: on voit en effet du Trias, un peu de Crétacé inférieur, et, par-dessus, du Crétacé supérieur rouge affecté de pendages totalement différents de ceux du Crétacé inférieur.

La Loma de Carriles, située dans la partie sud-est de la Sierra de Las Cabras présente une structure analogue. Il s'agit aussi d'un synclinal mais orienté sensiblement Nord-Sud. De plus la série stratigraphique est plus complète puisque le coeur du synclinal est formé par des niveaux oligocènes. La structure du synclinal est aussi comparable à celle de Los Poyales. En effet, il se termine périclinalement au Nord, tandis qu'au Sud, les couches reposent par la tranche sur le Trias. Nous avons encore ici une partie d'un synclinal liée à l'anticlinal de Las Cabras, tandis que les autres flancs sont en contact direct avec le Trias.

Cette structure particulière des synclinaux de los Poyales et de Carriles ne peut s'expliquer que par un décollement général de toutes les assisses du Subbétique sur le Trias. Ce décollement est responsable aussi de l'allure courbée de l'anticlinal (Sierra de Las Cabras-Sierra de la Sal), et de la structure des synclinaux (de Los Poyales et de Carriles). Une déformation positive postérieure sensiblement orientée d'Ouest en Est (passant par la Pilar de la Cuna) aurait relevé les couches déjà décollées et rabotées sur le Trias, suivant cette direction; cet "anticlinal" à noyau triasique est responsable de l'individualisation de deux synclinaux. Il est aussi responsable de la remontée axiale de l'anticlinal de Las Cabras, à cet endroit (fig. 81).

Fig. 81.—Schéma tectonique montrant les axes des plis et les zones de soulèvement affectant l'arc de Las Cabras.

1 : Unité de Paterna ; 2 : Trias marno-gypsifère ; 3 : Jurassique ; 4 : Crétacé inférieur ; 5 : Crétacé supérieur et Eocène ; 6 : Miocène post-orogénique ; 7 : Axe anticlinal ; 8 : Axe synclinal ; 9 : Ligne de soulèvement.

b) *Partie septentrionale de l'arc de Las Cabras.*

Dans la partie septentrionale de l'arc de Las Cabras, le complexe du Crétacé supérieur-Tertiaire est toujours décollé. Nous l'avons déjà vu au niveau de la Sierra de Dos Hermanas : ce chaînon nous a d'ailleurs servi d'exemple.

A l'Ouest de la Sierra de Dos Hermanas, l'ensemble Crétacé supérieur-Tertiaire de la Loma de Espertosa, est presque complètement désolidarisé du Jurassique et du Crétacé de Las Cabras et repose directement sur le Trias. Il en est de même à la partie sud-est de l'arc de Las Cabras.

C) Position du Trias.

Le Trias entoure d'une manière continue l'arc de Las Cabras et tous les termes de la série stratigraphique du Subbétique peuvent être en contact direct avec lui. Il est cartographiquement impensable de placer des failles tout autour de cette structure. Par contre, la présence du Trias s'explique facilement si l'on admet qu'il joue le rôle de semelle tectonique et que tout l'ensemble subbétique de l'arc de Las Cabras forme un grand paquet, raboté à la base et flottant sur les couches marno-gypsifères.

Il est d'ailleurs un certain nombre de points où l'on peut voir le Trias passer sous le Subbétique. Plus haut (fig. 78), nous avons déjà donné une coupe le montrant dans la partie orientale de la Sierra de Las Cabras (au col de Las Palomas). A l'intérieur de l'arc, nombreux sont les points où le phénomène peut s'observer, par exemple :

— Au Sud de la Loma de los Poyales, au niveau du Listón et plus au Nord.
— A l'Est de la Pilar de la Cuna (x = 420, y = de 220 à 222).
— Le long du chemin intérieur de Las Cabras (x = 421, y = 223,8) où l'on voit le Trias percer sous le Subbétique.

D) Le Miocène.

Le Miocène ne joue qu'un rôle accessoire dans la structure de l'arc de Las Cabras : d'une part parce qu'il couvre peu de surface, ensuite parce qu'il s'agit de terrains post-tectoniques déposés après la mise en place des unités charriées. Ses affleurements sont au nombre de quatre. D'Ouest en Est, on rencontre d'abord un petit affleurement posé à la fois sur le Crétacé supérieur de la Sierra de Espertosa, le Trias et le Jurassique de la Sierra de la Sal (x = 413,5 et y = 225,5) ; le second (x = 415,2 et y = 227,9) se

trouve sur le Jurassique et le Crétacé inférieur de la Sierra de Dos Hermanas ainsi que sur les terrains décollés appartenant au Crétacé supérieur et au Tertiaire. La position du troisième affleurement (x = 421 et y = 229), au Nord-Est de la Boca de la Foz est tout à fait analogue à celle de l'affleurement précédent. Le dernier témoin de Miocène, qui se trouve sur le Jurassique du sud-est de l'anticlinal de Las Cabras, est incliné vers l'Est sans doute en raison de la remontée du Trias, dont nous avons parlé plus haut, et qui serait aussi responsable du déversement de la branche sud de l'anticlinal de Las Cabras vers l'Est.

Reposant en transgression sur les structures, ces affleurements sont postérieurs à la mise en place des différentes unités tectoniques précédemment décrites. Ils n'ont été que légèrement déformés par des mouvements verticaux tardifs.

E) Mise en place de l'arc de Las Cabras.

L'originalité de l'arc de Las Cabras réside, d'une part, dans sa forme en croissant dont la convexité est tournée vers le Nord-Est; d'autre part, dans la structure anticlinale régulière des couches jurassiques ainsi recourbées.

Il est étrange de rencontrer un anticlinal courbé de cette manière, d'autant plus qu'il n'y a pratiquement pas trace de cassures transversales. Les rares fractures qui affectent cet anticlinal sont en effet des failles longitudinales.

Ceci peut s'expliquer si l'on tient compte du fait que le Trias marno-gypsifère l'entoure de toutes parts et qu'en de nombreux points, on le voit s'enfoncer sous les différents niveaux du Subbétique. Il faut tenir compte aussi de la présence de petites fenêtres de l'unité de Paterna qui apparaissent sous ce Trias.

Ainsi est-il logique de penser que cet anticlinal est complètement décollé et repose par la tranche sur une semelle marno-gypsifère.

On peut donc admettre que le Subbétique, légèrement plissé, a été cisaillé à la base et s'est disloqué en paquets disjoints. Ceux-ci ont progressé sur le Trias marno-gypsifère (qui a favorisé le déplacement) selon un mécanisme que nous exposerons plus loin.

Lors de ce mouvement, les couches du Crétacé supérieur et du Tertiaire ont commencé à se désolidariser du "socle" relatif constitué par le Jurassique et le Crétacé inférieur, grâce au niveau de décollement du Crétacé moyen.

La courbure ne s'est sans doute produite qu'en fin de déplacement alors que le Subbétique se trouvait déjà dans une situation proche de celle qu'il occupe actuellement, avec une orientation sensiblement Est-Ouest. Que cette orientation originelle soit accidentelle, ou bien corresponde à des impératifs structuraux, il est difficile de trancher, car les affleurements de Subbétique dans l'Ouest de la province de Cadix sont trop peu nombreux et trop isolés les uns des autres pour permettre de conclure.

Ce serait l'ultime avancée de la nappe de l'Aljibe, vers le Nord Ouest qui aurait provoqué cette courbure en donnant à une portion de l'anticlinal la direction Nord-Sud. En effet, la région étudiée se trouve dans la zone de courbure des Cordillères bétiques, là où les directions structurales passent d'une direction Est-Ouest à une direction méridienne, à l'applomb du détroit de Gibraltar.

Quant au déversement vers l'Est de la partie méridionale de l'anticlinal de Las Cabras, il pourrait être dû à une remontée du Trias sous-jacent suivant un alignement Sud-Ouest-Nord-Est passant par la Pilar de la Cuna. Cette remontée du Trias serait responsable en outre de la formation des deux synclinaux de los Poyales et de Carriles ainsi que de l'élévation axiale de l'anticlinal de Las Cabras à cet endroit (dans cette direction se trouve d'ailleurs le plus haut sommet de la Sierra de Las Cabras). Cette remontée tardive du Trias expliquerait aussi le fait que le Miocène post-orogénique du flanc méridional de Las Cabras soit incliné vers l'Est.

2. La Sierra del Valle

a) Situation.

La Sierra del Valle est orientée sensiblement du Sud-Ouest vers le Nord-Est. Du point de vue géographique elle se limite au petit chaînon qui s'allonge au Sud de San José del Valle. Du point de vue géologique son extension est plus grande, car elle se prolonge tout le long de la Cañada (chemin) qui relie San José del Valle aux Baños de Gigonza.

La position de ce massif, contre la Sierra de la Sal, conduirait à admettre qu'il forme la prolongation de l'arc de Las Cabras. Mais il semble bien que cette position ne soit qu'accidentelle. En effet, les niveaux du Crétacé inférieur qui sont en contact dans les deux ensembles, et qui sont à leur place normale dans chacune de ces structures, ont une direction nettement différente. Dans la Sierra de la Sal, les couches du Crétacé inférieur qui font suite au Jurassique ont, comme celles de ce dernier, une direction sen-

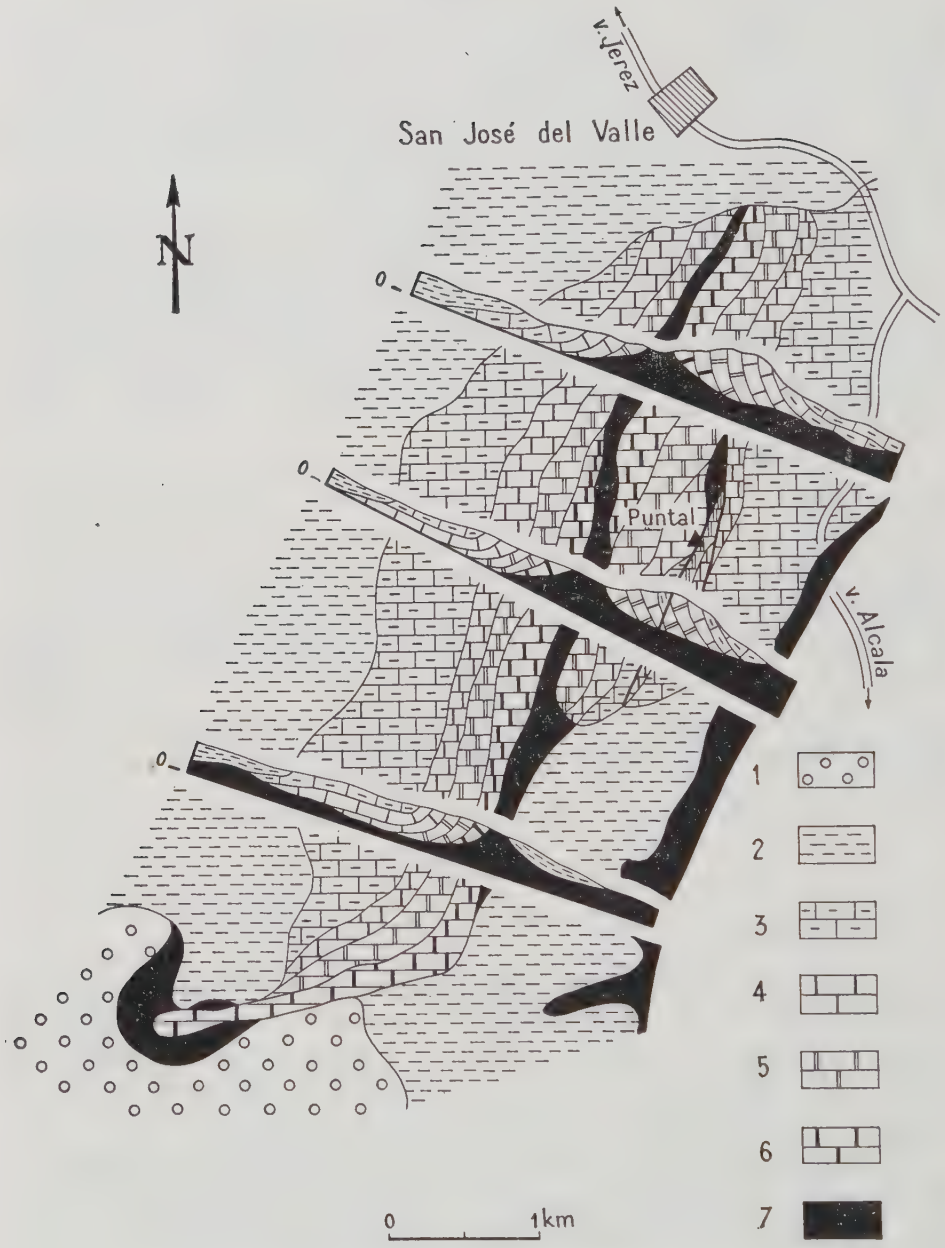


Fig. 82.—Carte géologique et coupes sériées dans la Sierra del Valle.

1 : Miocène post-orogénique ; 2 : Crétacé supérieur et Eocène ; 3 : Crétacé inférieur ; 4 : Kimmeridgien et Tithonique ; 5 : Jurassique moyen et supérieur ; 6 : Lías dolomitique ; 7 : Trias marno-gypsifère.

siblement Est-Ouest. Par contre, le Crétacé inférieur de la partie orientale de la Sierra del Valle se place normalement en continuité avec le Tithonique et son orientation est sensiblement Nord-Sud. Il y a en effet entre les deux massifs une faille subméridienne.

Il faut aussi envisager la possibilité d'une liaison originelle entre le Jurassique de la Sierra del Valle et celui de la Angostura vers le Nord; toutefois, si les directions sont sensiblement les mêmes, les deux structures sont un peu diférentes et surtout les deux massifs sont séparés par une grande zone triasique, sur laquelle ils sont décollés.

Aussi, semble-t-il que ces deux blocs jurassiques soient indépendants les uns des autres et que les rapprochements observés ou les similitudes dans la direction des couches ne soient que fortuites.

b) STRUCTURE.

En première approximation, on peut considérer que la Siera del Valle présente une structure anticlinale. Toutefois, cet anticlinal est assez complexe. Il présente, en plan, deux flancs développés inégalement: le flanc occidental est largement étalé, le flanc oriental est beaucoup plus réduit. La structure du flanc oriental est plus complexe que celle du flanc occidental.

Le flanc occidental comporte des couches jurassiques et crétacées, redressées à la verticale (du Lias au Tithonique), mais dont le pendage devient plus faible dans les niveaux du Crétacé inférieur. Les couches sont orientées du Sud-Ouest vers le Nord-Est, mais se courbent vers l'Ouest dans la partie méridionale. A l'Ouest, le Crétacé inférieur s'enfonce normalement sous le Crétacé supérieur; à l'Est le Jurassique bute contre le Trias marno-gypsifère. Généralement c'est le Lias qui est en contact avec le Trias, mais vers le Nord, c'est le Jurassique moyen qui vient buter directement contre ce dernier.

Le flanc oriental est plus élevé et plus complexe, car il est affecté d'un système de failles subverticales, qui redoublent la série. Ces failles sont obliques par rapport à la direction des couches, mais les pendages restent constants et même lorsque le Trias est remonté, on observe seulement des redoublements de la série du Jurassique et du Crétacé inférieur.

La partie méridionale du flanc oriental est masquée en partie par le Crétacé supérieur et le Tertiaire marneux décollés, toutefois on peut voir successivement le Lias et le Jurassique moyen reposer par la tranche sur le Trias.

Là encore, il faut admettre un décollement généralisé de la série juras-

sique sur le Trias marno-gypsifère et un second décollement du Crétacé supérieur et du Tertiaire, qui enveloppent presque complètement la Sierra del Valle.

3. Le Subbétique d'Espertales

Le massif d'Espertales se trouve à la partie méridionale de la feuille d'Algar et à la partie septentrionale de la feuille d'Alcalá de los Gazules. Complètement entouré par le Trias, ce massif subbétique ne comporte que des niveaux compris entre le Crétacé supérieur et l'Oligocène.

Sa structure est celle d'un synclinal assez plat, se terminant périclinalement vers le Sud et ouvert vers le Nord. Il est limité à son pourtour par un contact anormal assez plat qui met les différentes couches subbétiques en contact avec le Trias. C'est donc un lambeau décollé qui flotte complètement sur le Trias. Au Sud, le contact du Subbétique et du Trias semble concordant, par contre au Nord, les couches subbétiques reposent par la tranche sur ce dernier.

Il s'agit d'un paquet de Subbétique, complètement désolidarisé de son socle relatif (Jurassique et Crétacé inférieur) qui a glissé sur la semelle triasique et se trouve complètement isolé du reste du Subbétique.

4. Autres affleurements de Subbétique

En dehors de la feuille d'Algar, le Subbétique est particulièrement développé sur la feuille de Paterna de Rivera. Comme dans le cas du massif d'Espertales, il s'agit uniquement des niveaux situés au-dessus du deuxième niveau de décollement (Crétacé moyen).

Ces massifs qui comportent des couches comprises entre le Crétacé supérieur et le Miocène inférieur sont à dominante marneuse. Elles sont plissées et rabotées sur le Trias. Ne formant que très rarement de grands affleurements elles se rencontrent généralement dans de petits massifs isolés sur le Trias, sans qu'aucune ligne directrice permette de les relier entre elles.

V. Explication des disharmonies observées entre le Trias et les autres niveaux du Subbétique

Nous avons vu que chacun des termes de la série subbétique pouvait être en contact direct avec le Trias. Ce phénomène a beaucoup intrigué les géologues qui ont parcouru ces régions, et plusieurs explications en ont été données. Elles peuvent être regroupées en deux familles, selon qu'elles donnent une prédominance à la stratigraphie ou à la tectonique; il s'agit donc d'explications fixistes ou mobilistes.

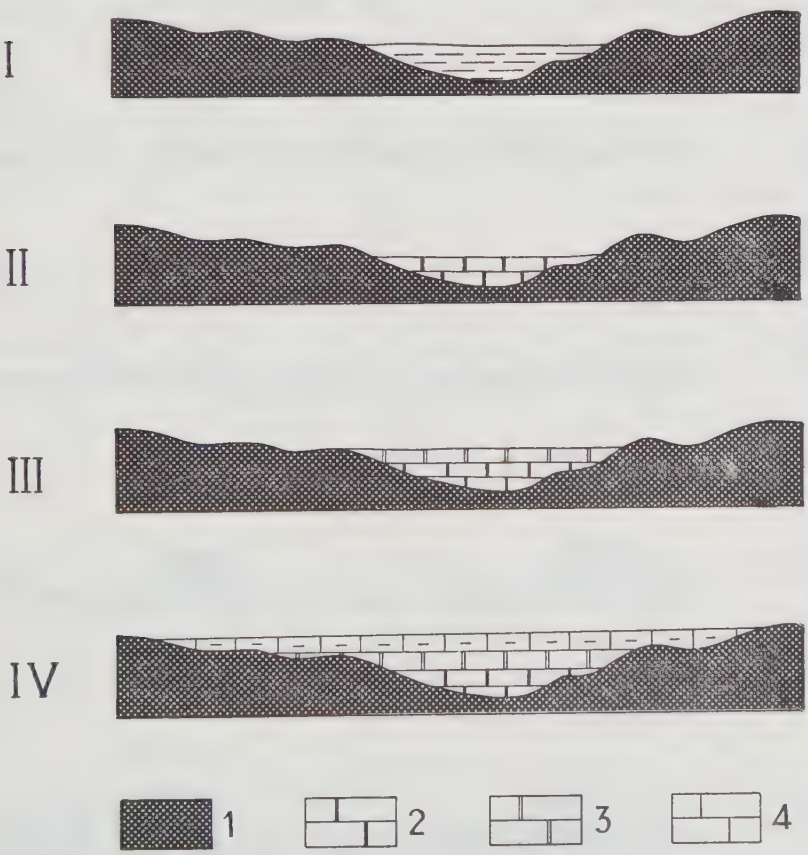


Fig. 83.—Schéma montrant les superpositions des différents termes du Subbétique sur le Trias, selon les idées de J. Gavala.

1: Trias; 2: Lias; 3: Jurassique supérieur; 4: Crétacé inférieur.

1. Les explications à tendance fixiste ou stratigraphique

Ces explications sont basées sur des anomalies dans la sédimentation. Elles sont dues à MAC-PHERSON, J. GAVALA et P. HOEPPENER.

Pour MAC-PHERSON, si la série est en général continue, les contacts observés entre les niveaux subbétiques et le Trias sont dûs à des lacunes et des érosions.

J. GAVALA (1918, p. 120-121), imagine qu'après le dépôt du Trias, la région fut émergée et que la mer n'occupa que des bras de mer, dans lesquels le Lias se déposa. Plus tard, la mer s'étendit un peu plus, si bien que le Jurassique se déposa à la fois sur le Lias et sur le Trias. Le phénomène se poursuivit au Tithonique et au Néocomien de sorte que la série

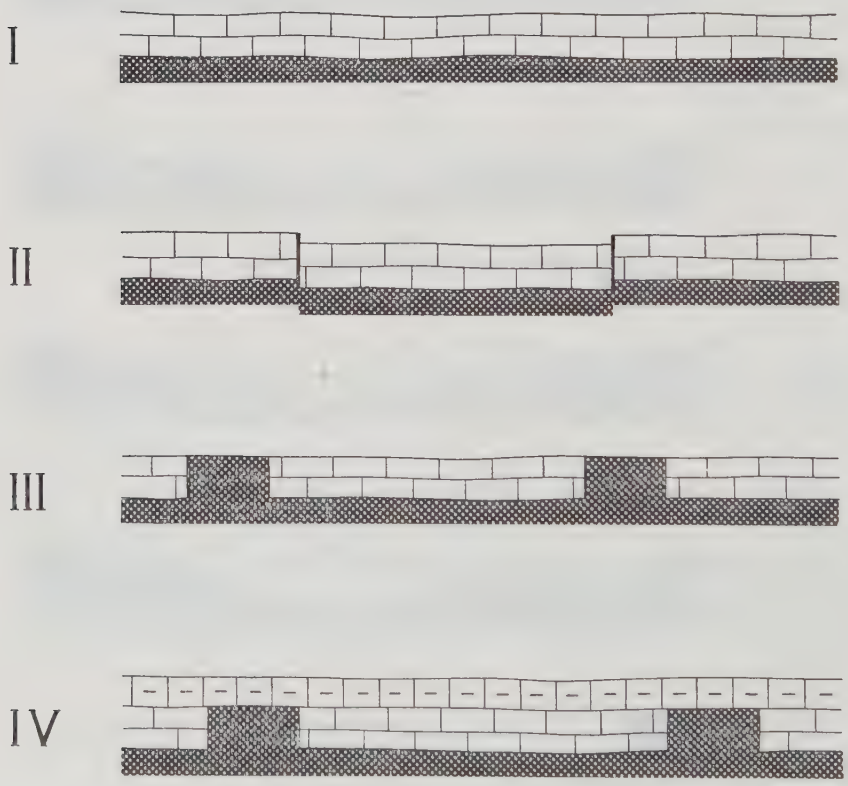


Fig. 84.—Schéma explicatif montrant les superpositions des différents termes du Subbétique sur le Trias, selon les idées de P. Hoeppener. (Les figurés sont identiques à ceux de la figure 83.)

subbétique se trouve être continue en certains points (axe du bras de mer) et réduite à ses termes supérieurs, reposant directement sur le Trias dans les autres zones. En même temps, au Jurassique, des failles auraient commencé à jouer, individualisant des blocs et des dépressions locales dans lesquelles le Tertiaire serait venu se déposer.

Dans la figure 83, j'ai essayé de représenter les conceptions de J. GAVALA.

Pour P. HOEPPENER (P. HOEPPENER et alt. 1964, p. 284), il s'agit d'une instabilité des couches déposées sur le Trias marno-gypsifère. Les couches jurassiques ont été disloquées, le Trias monte en diapir le long des zones de cassure partageant la couverture ainsi brisée en une mosaïque de blocs cicatrisés par le Trias. Les couches du Tithonique et du Crétacé inférieur se déposent alors sur le Trias (en discordance) et sur le Jurassique (en concordance). J'ai tenté de représenter sur la figure 84, le mécanisme évoqué par P. HOEPPENER.

Notons cependant que si ce mécanisme peut expliquer que la série soit continue en certains points et que le Tithonique soit discordant en d'autres points sur le Trias, pas plus que dans l'hypothèse de J. GAVALA on ne voit de couches récentes reposer stratigraphiquement à la fois sur les couches plus anciennes et le Trias. Dans tous les cas, le contact est tectonique. De plus l'allure générale, le plus souvent chaotique, des paquets subbétiques parlent contre ces hypothèses et laissent supposer des mouvements tectoniques importants, responsables de cette structure, si bien qu'on n'échappe pas à la notion de rabotage basal. Notons cependant que ceux-ci ont pu exister, mais les efforts tectoniques ont alors masqué le phénomène.

2. Les explications mobilistes

P. FALLOT (1944) a été le premier à rechercher une solution tectonique pour expliquer ces contacts. C'est dans les zones subbétiques orientales des Cordillères bétiques (dans la province de Murcie) qu'il décrivit le phénomène de "rabotage basal", terme qu'il a appliqué aux terrains subbétiques reposant par la tranche, sur le Trias.

Il pense que la série subbétique se présente comme une "nappe du deuxième genre" sans flanc inverse. Celle-ci étant divisée en deux éléments superposés, qui ont évolué différemment. La partie supérieure, formée par la série secondaire et tertiaire, a subi, après s'être plissée, une translation plus grande que celle du Trias. Pendant le transport, les parties synclinales

ont subi des ablations basales importantes, alors que dans les parties anticlinales, ces ablations étaient réduites; ce phénomène expliquant l'allure désordonnée et en paquets disjoints de l'élément supérieur de la nappe subbétique.

L'objection majeure, déjà formulée par P. FALLOT lui-même, est qu'à la base des synclinaux en particulier, une partie de la base des terrains charriés de la masse parfois considérable, a disparu; or on ne retrouve pas de témoins de ces débris.

Pour échapper à cette objection et pour expliquer la relative diminution de puissance des termes inférieurs de la série charriée, A. FOUCAULT (1964) a proposé le schéma suivant (fig. 85) où il distingue des termes compétents et incompétents, calcaires et dolomies d'une part, marnes de l'autre. Il suppose que les couches dures se sont fragmentées et que chacun des blocs a glissé sur son substratum marno-gypsifère, tandis que la couverture marneuse se concentrait disharmoniquement dans les zones synclinales.

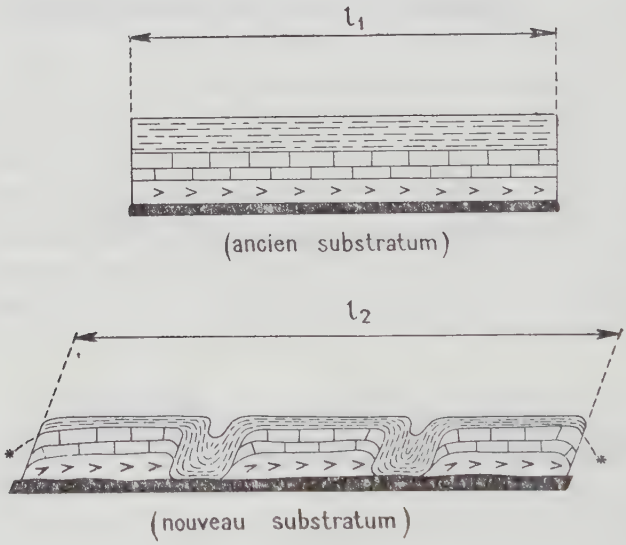


Fig. 85.—Interprétation schématique des phénomènes d'ablation basale dans la zone subbétique, d'après A. FOUCAULT (1964.)

En haut, une partie du matériel sédimentaire avant les charriages, de bas en haut: Keuper (en noir), dolomies (chevrons), calcaires (barré), marnes (traits interrompus). *En bas,* la même portion après les mouvements tangentiels. Mêmes figurés. Les astérisques indiquent le niveau de principale disharmonie (entre calcaires et marnes). Il y a eu fragmentation en blocs et apparition de synclinaux reposant sur le Trias. La longueur originelle l_1 est devenue l_2.

Si ce schéma explique nombre de phénomènes observés, il soulève cependant deux objections. Tout d'abord, si les couches n'ont pas été plissées précédemment, on voit mal comment on peut passer (dans le cas de couches compétentes) de couches horizontales à des couches reposant par la tranche sur le Trias, d'autant plus que, si ces niveaux inférieurs de la série compétente sont restés constamment en contact direct avec les terrains marno-gypsifères, ils n'ont pu subir de fortes frictions susceptibles d'enlever des copeaux. D'autre part, la série marneuse devrait être affectée par des distensions et des étirements : or il semble bien que de tels phénomènes soient assez rares dans le Subbétique de la province de Cadix, et que les couches soient plissées régulièrement.

3. Essai d'explication des phénomènes observés dans le Subbétique

Ces difficultés, jointes au fait que les phénomènes décrits précédemment étaient très éloignés de la zone que j'ai étudiée, m'ont amené à chercher une autre explication.

Cette explication doit se fonder sur les faits observés dans la province de Cadix, à savoir :

— La nature lithologique de la série subbétique qui se divise de bas en haut en trois ensembles : un ensemble marno-gypsifère triasique, un ensemble compétent dolomitique, calcaire et calcaire marneux (Jurassique et Crétacé inférieur) et un ensemble à dominante marneuse (du Crétacé supérieur au Tertiaire).

— La présence de deux niveaux de décollement (le Trias et le Crétacé moyen), qui scindent les couches post-triasiques en deux éléments superposés ayant évolué d'une manière distincte.

— L'allure désordonnée du Subbétique, réduit en blocs isolés les uns des autres, et rabotés sur le Trias.

De plus, dans la phase finale de l'évolution on doit arriver à des types de structures réellement observés.

Les principaux stades de l'évolution proposée sont figurés sur la fig. 86.

A l'origine (A) le Subbétique se trouve à sa place paléogéographique, dans son bassin de sédimentation. Il présente une succession normale de couches avec le Trias marno-gypsifère à la base (en noir), les couches compétentes du Jurassique et du Crétacé inférieur (en maçonnerie), les niveaux marneux du Crétacé moyen (*) et au sommet la série incompétente du Crétacé supérieur et du Tertiaire (en tireté).

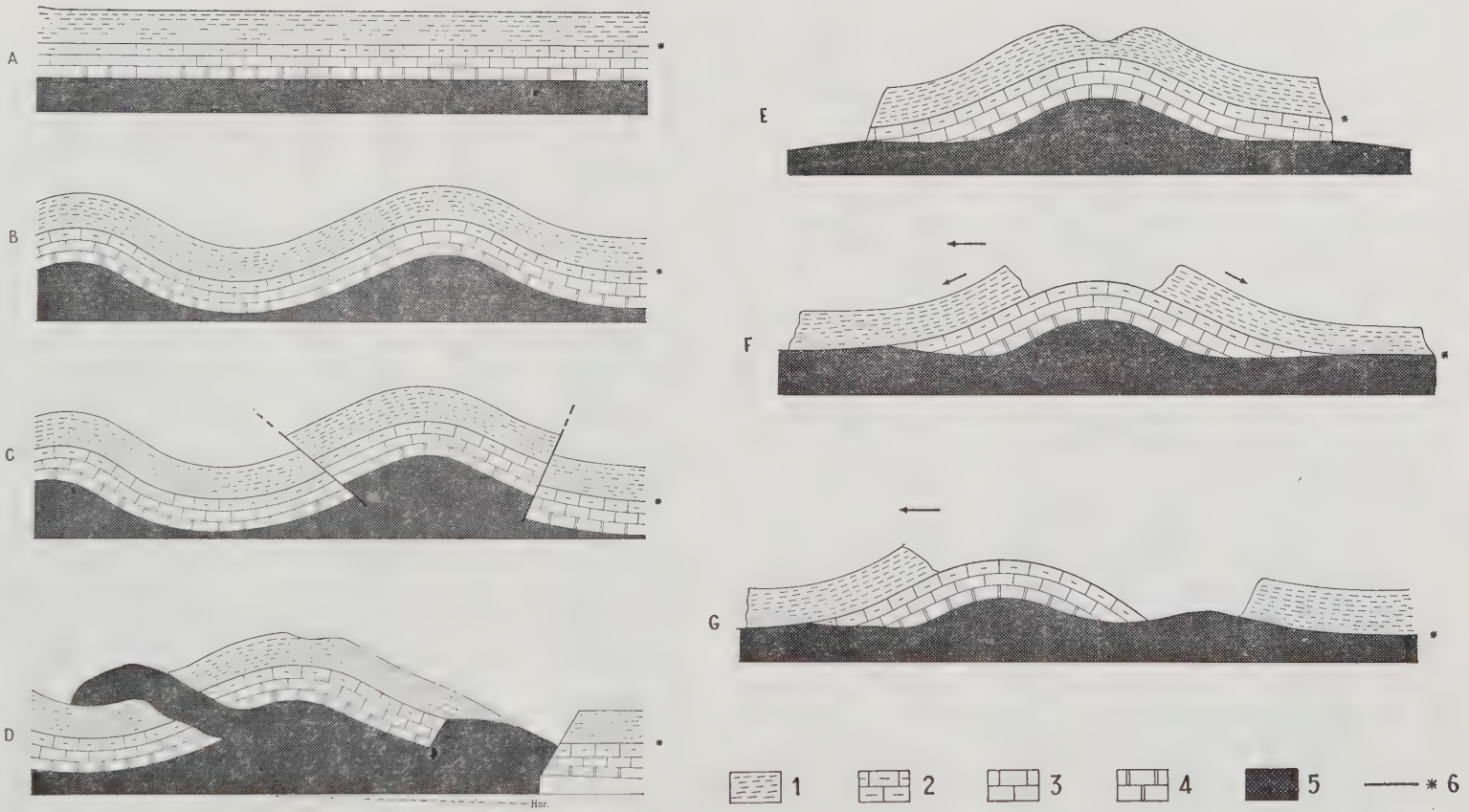


Fig. 86.—Essai de reconstitution de l'évolution des séries subbétiques post-triasiques dans l'Ouest des Cordillères bétiques.

1 : Crétacé supérieur Tertiaire ; 2 : Crétacé inférieur ; 3. Jurassique moyen es supérieur ; 4 : Lias ; 5 : Trias marno-gypsifère ; 6 : Niveau de décollement.

Des mouvements précoces (B) plissent légèrement la série subbétique; lors des premiers mouvements importants, d'âge tertiaire (C) l'ensemble est affecté d'accidents variés qui ont pour résultat de disloquer la couverture post-triasique et de la faire avancer sous forme de paquets indépendants les uns des autres. Cette dislocation peut se produire à la suite d'un jeu de failles verticales qui délimitent une mosaïque; elle peut être due à des failles-plis passant à des chevauchements sous l'effet du bourrage du Trias, elle peut être aussi la conséquence de cisaillements à la base d'anticlinaux plus ou moins isolés par l'érosion. L'érosion a d'ailleurs pu jouer un rôle important et favoriser le jeu des autres types d'accidents.

De toute façon on arrive au stade D où les blocs de la mosaïque ainsi constituée, s'avancent sur le Trias, selon une direction analogue, mais en s'éloignant les uns des autres, chacun d'eux pouvant pivoter sur lui-même pendant le déplacement.

Notons que cette dislocation du Subbétique est tout à fait logique si l'on songe que la province de Cadix se trouve dans la zone de courbure des Cordillères bétiques. Si cette courbure est ancienne et se marque dans la paléogéographie, il est bien évident qu'une nappe qui se déplace de l'intérieur vers l'extérieur de la chaîne ne pourra pas occuper toute la superficie de la zone qu'elle recouvre.

Lors du déplacement (E) et grâce au deuxième niveau de décollement (*) la couverture incompétente va commencer à glisser sur le socle relatif que constitue les couches compétentes, de sorte que les couches incompétentes vont pouvoir reposer directement sur le Trias (F).

Dans un stade ultime du déplacement (G) la couverture incompétente sous l'effet de la gravité et de l'avancée de son socle relatif, pourra se désolidariser complètement des couches compétentes et se trouver complètement isolée des termes inférieurs du Subbétique.

Seul le Trias, sur lequel chacun de ces ensembles compétents et incompétents sera décollé, formera le lien qui unira les différents termes du Subbétique.

Ce type d'évolution semble pouvoir expliquer toutes les structures observées dans le Subbétique des feuilles d'Algar et de Paterna de Rivera.

Le Trias joue un rôle particulièrement important dans cette évolution. Il est d'ailleurs très probable qu'il ait déjà bougé bien avant la mise en place de la nappe subbétique. Des bourrages ou des montées le long de fractures de la série sédimentaire ont pu préparer et favoriser le fractionnement et le départ de cette nappe.

On peut aussi noter que dans cette évolution, on arrive à un type de

structure où les couches du Jurassique et du Crétacé subbétique reposent par la tranche sur leur semelle triasique sans qu'il soit nécessaire d'enlever des copeaux sous les "rabotages basaux".

Il reste encore à expliquer pourquoi le Jurassique est beaucoup moins développé que le Crétacé supérieur et le Tertiaire. Il est possible qu'une partie de celui-ci soit resté en arrière sous la nappe de l'Aljibe particulièrement développée dans cette zone. Notons que plus à l'Est dans la région de Grazalema le Jurassique et les terrains post-crétacés occupent une surface équivalente.

VI. Conclusion

Le Subbétique de l'Ouest des Cordillères bétiques ne se présente pas sous forme d'un grand affleurement continu, mais est formé d'une série de paquets isolés les uns des autres. Aucune direction tectonique ne peut se suivre d'un affleurement à un autre, chaque paquet s'étant avancé indépendamment des autres.

Tous les affleurements de Subbétique sont décollés sur le Trias marno-gypsifère et le plus souvent sont affectés de rabotages basaux. Un deuxième niveau de décollement (au Crétacé moyen) a désolidarisé les termes plus récents incompétents (Crétacé supérieur à Tertiaire) des termes plus anciens compétents (Jurassique et Crétacé inférieur).

A l'intérieur de chacun de ces massifs subbétiques, les couches sont généralement en continuité. Toutefois, il est assez rare de rencontrer une série complète depuis le Lias jusqu'au Tertiaire; on trouve généralement une série continue soit du Lias au Crétacé inférieur, soit du Crétacé supérieur au Tertiaire.

La mise en place de la nappe subbétique s'est faite à la suite d'une fragmentation de l'ensemble des couches, sans doute préalablement plissées. Chaque paquet a glissé pour son propre compte sur le Trias marno-gypsifère qui a joué le rôle de lubrifiant. L'existence du niveau de décollement dans les niveaux du Crétacé moyen a permis aux couches du Crétacé supérieur et du Tertiaire de se désolidariser des couches plus anciennes. Ces phénomènes ont conduit à l'allure désordonnée que présentent actuellement les affleurements subbétiques de la province de Cadix.

Chapitre XVII

TECTONIQUE DES MORONITES

I. Situation et position tectonique

Les moronites sont formées par un ensemble de niveaux argileux ou marneux à Diatomées, dont l'âge est compris entre l'Oligocène et le Miocène moyen. Elles affleurent surtout dans la partie nord-occidentale de la zone cartographiée. C'est dire qu'on les rencontre presque exclusivement sur les feuilles de Paterna de Rivera et de San Fernando. Toutefois elles se développent largement plus au Nord en direction du bassin du Guadalquivir, où elles prennent une très grande extension.

Les conditions d'affleurement des moronites sont en général assez mauvaises, car elles sont recouvertes de cultures. Toutefois elles montrent toujours une grande complexité et le Trias marno-gypsifère leur est très souvent lié.

II. Relations entre les moronites et les autres unités

La plupart des affleurements de moronites sont en relation avec le Subbétique et le contact entre les deux unités peut être souligné par les niveaux marno-gypsifères du Trias. En dehors du Subbétique, les moronites sont en contact dans la région située au Sud de Torrecera avec des couches de type flysch, sans doute assimilables à l'unité de Paterna. Quelques exemples pris sur la feuille de Paterna de Rivera montreront les relations tectoniques entre les diverses unités.

1. Les moronites de Torrecera

Le sommet de Torrecera se trouve au Sud de la grande boucle du Guadalete, dans l'Ouest de la feuille de Paterna de Rivera. C'est une colline arrondie, bien repérable dans le paysage grâce aux niveaux de moronites très blanches qui la couronnent, ainsi que par les ruines de la tour placée à son sommet.

Ce petit massif (fig. 87-88) est presque complètement entouré par les couches marno-gypsifères du Trias qui affleurent en contrebas, si bien, que de loin, on a l'impression que les moronites sont posées sur le Trias. Mais en suivant le contact, on s'aperçoit qu'elles s'enfoncent sous ce dernier

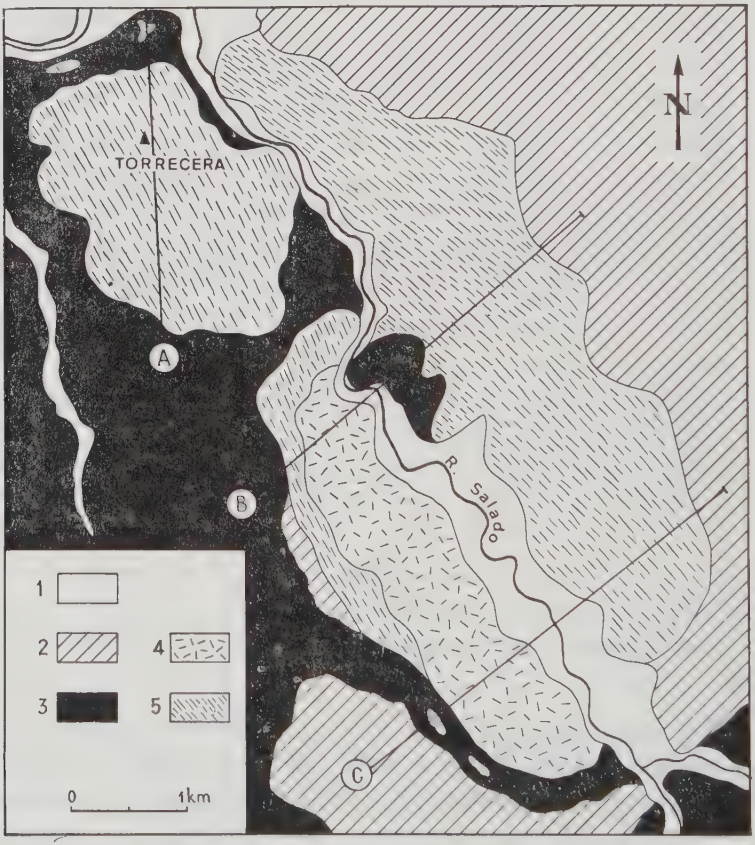


Fig. 87.—Carte géologique de la région de Torrecera

1 : Quaternaire ; 2 : Subbétique ; 3 : Trias marno-gypsifère ; ; 4 : Unité de Paterna ; 5 : Moronites.

et que le contact plonge partout vers l'extérieur. Il n'y a que dans la partie occidentale qu'il soit fortement redressé et même localement renversé. Ce Trias qui enveloppe les moronites de Torrecera, est continu sur tout le pourtour, sauf sur quelques centaines de mètres à l'Est, près du Río Salado, où il est masqué par les alluvions.

La structure interne des moronites de cette fenêtre, qui perce au milieu du Trias n'est pas visible. De plus les moronites réapparaissent, au Nord-Ouest, sous le Trias (fig. 87) à l'intérieur de deux petites fenêtres situées au Nord de la route qui suit la rive gauche du Guadalete.

2. Les moronites du Río Salado de Paterna

a) A l'Est du Río Salado de Paterna, affleure une grande bande de moronites, dont les couches, en général fortement redressées, sont orientées sensiblement du Sud-Est vers le Nord-Ouest. L'affleurement est limité à l'Ouest par les alluvions du río, sauf au niveau de la petite butte de la Cabeza de Santa María ; dans cette colline, on peut voir les moronites dis-

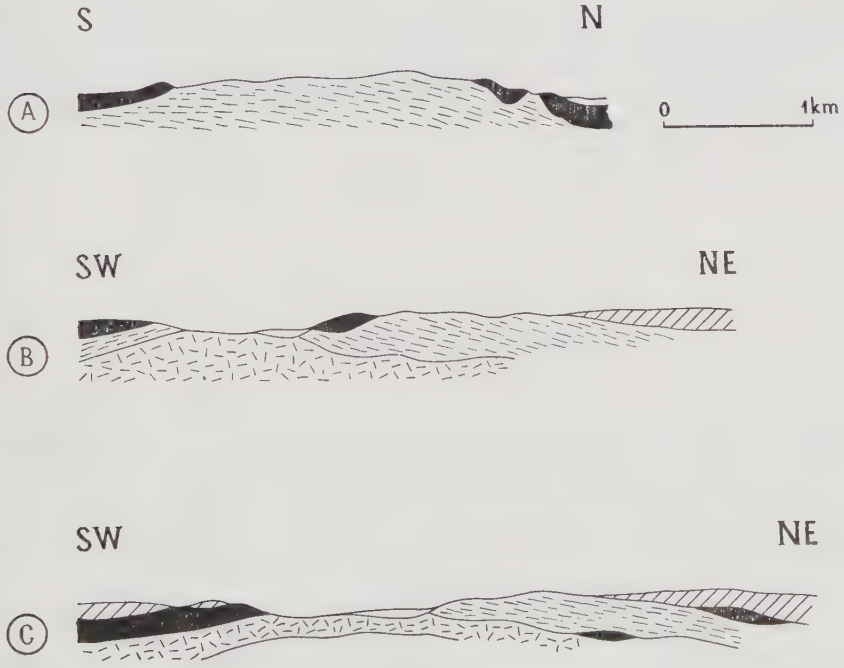


Fig. 88.—Coupes à travers les affleurements de Moronites de la région de Torrecera. (Les figurés sont identiques à ceux de la figure 87.)

paraître à l'Ouest sous le Trias marno-gypsifère qui s'enfonce d'ailleurs, lui aussi, vers l'Ouest, sous les alluvions.

La limite orientale de cet affleurement est beaucoup plus difficile à suivre, car les moronites sont en contact direct avec les marnes tertiaires du Subbétique sans qu'il y ait un liseré de Trias pour souligner le contact. De plus, toute cette zone étant occupée par des champs labourés, la distinction entre deux sols blanchâtres n'est pas facile.

Toutefois au Sud, et le long de l'Arroyo Amaguillo (affluent du Río Salado de Paterna, orienté du Nord-Ouest vers le Sud-Est, qui prend sa source près de la route de Paterna à Arcos) on trouve quelques bancs plus durs dans la série subbétique : leur orientation est sensiblement perpendiculaire à celle des niveaux voisins de moronites. Ces directions de couches se devinent d'ailleurs sur les photographies aériennes.

Cette limite n'est donc qu'approximative, mais en suivant pas à pas les rares dépressions, la cartographie semble indiquer que les moronites s'avancent dans les vallées en direction de l'Est, ce qui indiquerait qu'ici encore le Subbétique repose sur les moronites.

b) A l'Ouest du Río Salado de Paterna, les moronites affleurent moins largement. Elles couronnent les hauteurs à l'Ouest et en face de la Cabeza de Santa María. Elles reposent là sur une série d'âge tertiaire, de type flysch, à aspect un peu particulier et que j'ai assimilées à l'unité de Paterna. A l'Ouest, elles s'enfoncent sous le Trias marno-gypsifère qui supporte des lambeaux de Crétacé supérieur et de Tertiaire subbétique.

3. Autres affleurements

a) Environs de Jerez de la Frontera.

Les moronites affleurent aussi au Nord de la feuille de Paterna, dans la région de l'ermitage de Alto Cielo où il semble bien qu'elles s'enfoncent sous le Trias. Par contre, plus au Nord le long de la route de Jerez à Cortes, les contacts entre le Trias et les moronites sont beaucoup moins clairs. L'impression que j'en ai retenue est que les moronites de cette région étaient "entrelardées" de petites lames triasiques.

A l'Ouest de Jerez la situation des moronites est analogue à celle des affleurements précédents. Au Sud de Jerez les relations entre les moronites et le Trias sont complexes mais, vers l'Ouest, au Nord du Puerto de Santa María, il semble bien que le Subbétique repose sur les moronites.

b) Sierra de Gibalbín.

Plus au Nord en direction du Guadalquivir, je n'ai pas étudié systématiquement les affleurements de moronites mais autour de la Sierra de Gibalbín, et en particulier au Sud de celle-ci, les formations subbétiques de cette sierra reposent à plat sur les moronites par l'intermédiaire d'une semelle de Trias marno-gypsifère.

III. Conclusion

Les moronites affleurent uniquement dans le Nord Ouest de la zone cartographiée et ne sont en contact qu'avec l'unité de Paterna et avec le Subbétique. Les relations tectoniques entre ces différentes unités ne sont pas toujours très claires, en raison des conditions d'observation. Il s'agit en effet le plus souvent de la superposition de terrains tendres dont la morphologie est très douce, et dont les teintes (blanchâtres) sont identiques.

La superposition des moronites sur la série de type flysch (unité de Paterna) ne fait pas de doute. Il semble aussi que le Subbétique soit charrié sur les moronites, mais il n'est pas exclu que certains paquets de Subbétique (surtout de Trias) soient emballés tectoniquement à l'intérieur de cette unité.

Chapitre XVIII

L'UNITÉ DEL ALGARROBO

I. Généralités

Définie au Puerto del Algarrobo, au Sud du massif de Las Cabras, l'unité del Algarrobo se rencontre, dans la zone cartographiée, principalement sur la feuille d'Algar. On la retrouve plus à l'Est, dans la zone déprimée située au Sud-Ouest d'Ubrique. Cette unité réapparaît dans la région située au Nord-Ouest de Tarifa, près d'Almarchal. De l'autre côté du détroit de Gibraltar, elle est probablement l'homologue de l'unité de Tanger.

II. Rapports avec les autres unités

1. Au Sud de Las Cabras

C'est au Sud du massif de Las Cabras, le long de la route d'Alcalá de los Gazules au Puerto de Galiz, que l'unité del Algarrobo est la mieux développée. Elle forme une bande continue orientée du Sud-Ouest vers le Nord-Est.

Dans la région du Cerro del Piojo (fig. 46) et au Sud du Puerto del Algarrobo (fig. 45), la série stratigraphique de l'unité del Algarrobo est renversée. Elle est surmontée au Sud-Est par la nappe du flysch de l'Aljibe, le contact étant souligné, selon les points, soit par un petit liseré de Trias, soit par des alignements de calcaires à débris de Microcodium. Au Nord-Ouest, l'unité del Algarrobo vient buter contre le Trias marno-gypsifère

subbétique, les contacts sont assez redressés, mais il semble bien que les marnes vertes de l'unité del Algarrobo passent, au Nord-Ouest, par-dessus ce Trias qui supporte à son tour, à peu de distance le Subbétique.

La position relative des différentes unités en présence est représentée sur la figure 89 A : on voit clairement la superposition de la nappe de

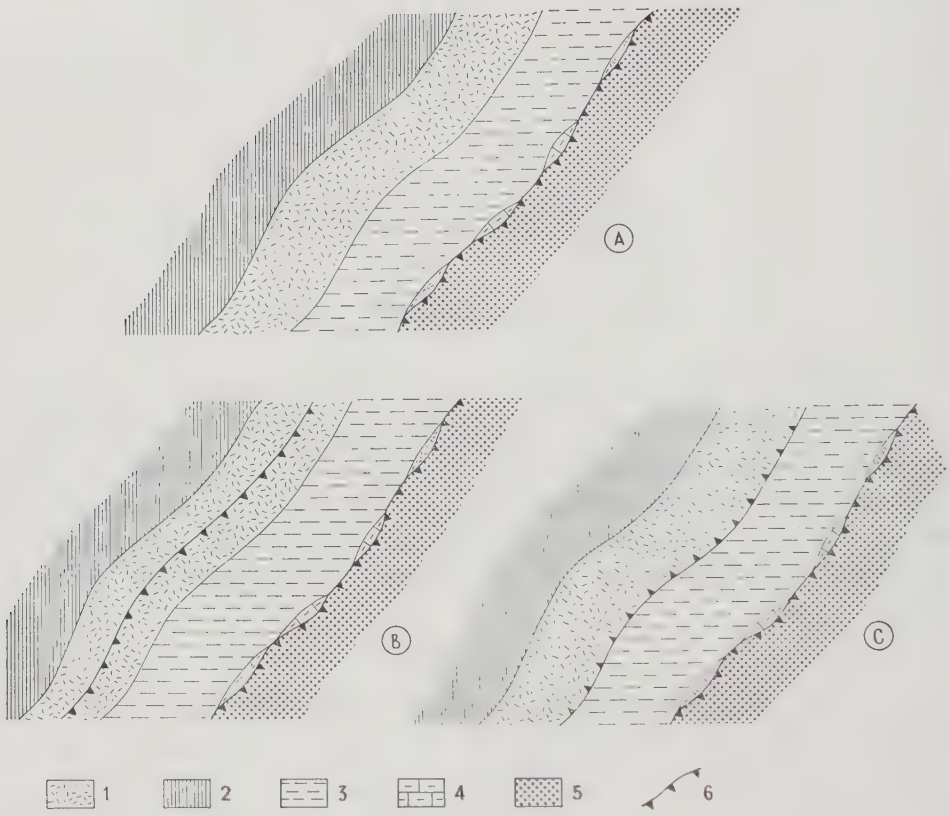


Fig. 89.—Position de l'Unité del Algarrobo au Sud de Las Cabras. Diverses interprétations possibles.

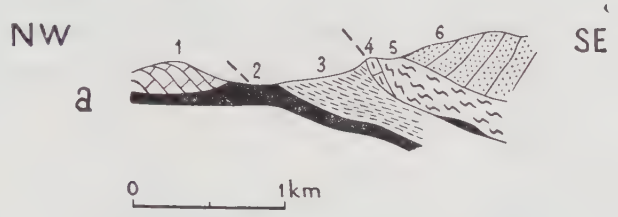
1 : Trias ; 2 : Subbétique ; 3 : Unité del Algarrobo ; 4 : Calcaires à débris de Microcodium ; 5 : Nappe de l'Aljibe ; 6 : Contact anormal. (Les lettres renvoient au texte.)

l'Aljibe sur l'unité del Algarrobo. Par contre la position du Trias séparant le Subbétique de l'unité del Algarrobo est complexe ; le Trias supporte en effet le Subbétique au Nord-Ouest et l'unité del Algarrobo au Sud-Est. Il s'agit donc d'expliquer la position structurale du Trias.

Une première possibilité (fig. 89 B et 90 a) consiste à placer un contact

anormal à l'intérieur du Trias. Dans ces conditions, l'unité del Algarrobo, chevauchée par la nappe de l'Aljibe chevauche à son tour en contact anormal le Subbétique. Sur le terrain, ce contact anormal ne se voit pas. Il est vrai que s'il existe, il doit être difficile à mettre en évidence à l'intérieur même du Trias.

On peut aussi (fig. 89 C et 90 b) faire passer le Trias sur l'unité del Algarrobo, et penser que les superpositions de l'unité del Algarrobo sur le Trias, sont dues au renversement local du contact anormal séparant le Trias



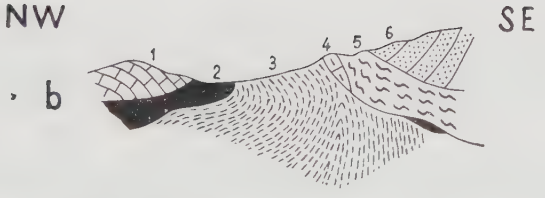


Fig. 90.—Coupe géologique de l'unité del Algarrobo au Sud de Las Cabras.

a) Dans l'hypothèse où l'unité del Algarrobo chevauche le Subbétique. b) Dans le cas où l'unité del Algarrobo s'enfonce sous le Subbétique.

de cette unité. Ceci est d'autant plus probable que le contact est fortement redressé et avoisine souvent la verticale.

Cette seconde interprétation permet d'ailleurs d'expliquer le renversement de la série stratigraphique de l'unité del Algarrobo. Les couches renversées peuvent représenter le flanc inverse d'un anticlinal, dont l'éventuel flanc normal est situé sous la nappe du flysch de l'Aljibe.

Dans la mesure où le Trias observable à la base de la nappe de l'Aljibe

appartient au Subbétique, la présence de ces copeaux marno-gypsifères corroborerait cette interprétation.

Dans ces conditions, l'unité del Algarrobo supporte le Subbétique et celui-ci a été charrié vers le Nord-Ouest à partir d'une zone plus interne que le bassin de sédimentation de l'unité del Algarrobo.

Plus au Sud, au niveau de la Peña del Ahmed, à l'Ouest du Cerro del Piojo, l'unité del Algarrobo apparaît en plusieurs points au milieu de la grande masse des éboulis des grès de l'Aljibe. Il semble qu'il y ait dans cette région un dédoublement de cette unité car on observe deux bandes de Crétacé supérieur appartenant à cette unité, séparées par un niveau de Trias. Ceci est particulièrement net sur le flanc sud de la Garganta de las Peñas (fig. 91) où l'on trouve de bas en haut: le Trias, l'unité del Algarrobo, une

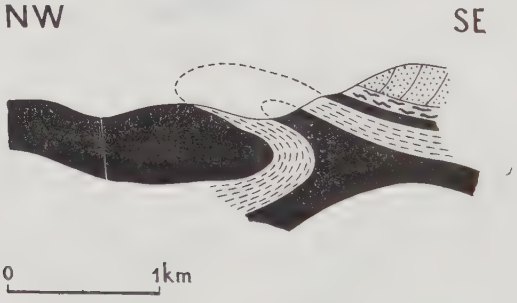


Fig. 91.—Coupe géologique de l'unité del Algarrobo à l'Ouest du Cerro del Piojo.
En noir: Trias marno-gypsifère —en tireté: Unité del Algarrobo, —en pointillé: les grès de l'Aljibe surmontant les argiles de la série de base

bande de Trias supportant des marnes de l'unité del Algarrobo. L'ensemble s'enfonce enfin sous la nappe du flysch de l'Aljibe dont il est séparé par une troisième bande de Trias.

La position relative du Trias et de l'unité del Algarrobo peut s'expliquer facilement, si l'on admet un anticlinal de nappe dont le coeur serait triasique; le Trias recouvre d'ailleurs cette structure. Cette interprétation explique le renversement des couches inférieures de l'unité del Algarrobo. D'autre part il ne faut pas oublier que ces affleurements sont dans le prolongement de ceux décrits précédemment (fig. 89-90) et où la série était déjà renversée.

Plus au Nord à proximité de la route de Jerez de la Frontera au Puerto de Galiz, l'unité del Algarrobo se poursuit, mais n'est en contact, cette fois, qu'avec la nappe de l'Aljibe qui la surmonte (fig. 92).

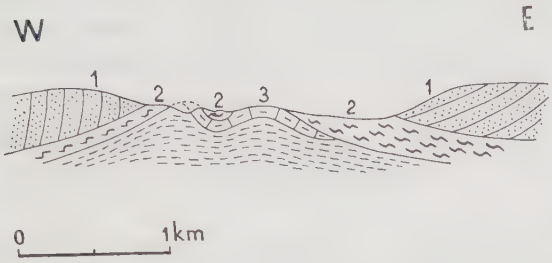


Fig. 92.—Coupe géologique de l'unité del Algarrobo à l'Est de la Sierra de Las Cabras. 1: Grès de l'Aljibe; 2: "Série de base"; 3: Calcaires à débris de Microcodium.

2. Au Puerto de Galiz

Au Sud du Puerto de Galiz s'étend une large dépression que dominent de toutes parts les grès de l'Aljibe. Ceux-ci sont décollés et reposent par la tranche sur leur série de base. De grandes coulées d'éboulis masquent une grande partie de la cuvette, dont le centre est occupé par une zone de Trias marno-gypsifère renfermant des affleurements d'ophites. Ce Trias partagé en deux par une grande bande d'éboulis orientée du Sud-Ouest vers le Nord-Est, supporte au Nord des couches rouges du Crétacé supérieur et du Paléocène pénibétique, et au Sud des marno-calcaires blancs du Crétacé inférieur subbétique. Les relations entre le Pénibétique et le Subbétique sont masquées par les éboulis, mais la dimension de chacun de ces affleurements est réduite. On peut les considérer comme des copeaux entraînés dans la masse du Trias. L'unité del Algarrobo affleure tout autour de cette dépression et se place cartographiquement à la manière d'une couronne, entre ce Trias et la nappe de flysch de l'Aljibe.

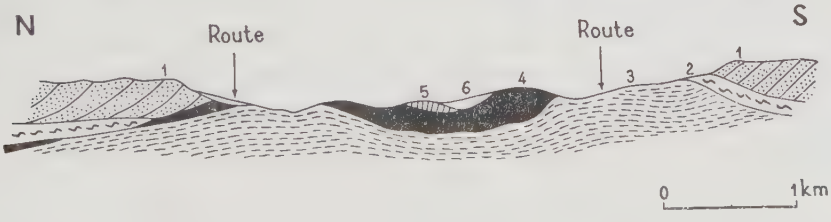


Fig. 93.—Coupe géologique à travers la dépression du Sud du Puerto de Galiz. 1: Grès de l'Aljibe; 2: "Série de base"; 3: Unité del Algarrobo; 4: Trias; 5: Pénibétique; 6: Eboulis.

Le contact entre la nappe de l'Aljibe et l'unité del Algarrobo est souvent jalonné de Trias. On observe bien les niveaux marno-gypsifères, au croisement des routes, situé près de la Venta (au col) et près du transformateur électrique. Ce Trias se suit à la base de la nappe de l'Aljibe, le long de la route du Puerto de Galiz à Cortes de la Frontera. On en retrouve aussi à l'Est de la cuvette, en particulier au Sud du Río Hozgarganta (Garganta de la Sauceda).

Le contact entre le Trias du centre de la cuvette et les marnes de l'unité del Algarrobo n'est pas toujours très facile à interpréter, car il est souvent assez fortement redressé. Toutefois, en certains points, on voit le Trias reposer sur l'unité del Algarrobo, de sorte que l'on peut admettre que le Trias du centre de la cuvette peut se raccorder à celui qui marque la base de la nappe de l'Aljibe. La structure de la cuvette au Sud-Est du Puerto de Galiz peut donc s'expliquer d'une manière simple par la superposition de trois unités: à la base l'unité del Algarrobo qui supporte une masse importante de Trias marno-gypsifère (englobant des copeaux de Pénibétique et de Subbétique), le tout étant couronné par la nappe du flysch de l'Aljibe.

3. Autres affleurements

a) Zone cartographiée.

Les autres affleurements de la zone cartographiée sont assez limités et se réduisent à des lambeaux emballés dans l'unité de Paterna. C'est le cas dans la fenêtre située au Sud du Cerro d'Epertales, où l'on trouve un paquet de quelques dizaines de mètres cubes pris dans les marnes de l'unité de Paterna.

Au Sud-Ouest, l'unité del Algarrobo apparaît de la même manière dans la partie méridionale de la fenêtre de Granujales. L'affleurement en est plus considérable, mais on n'arrive pas à suivre de lignes directrices à l'intérieur de ce lambeau. Là encore, il faut penser à un paquet de marnes entraînées à la base du Trias marno-gypsifère, lors de l'avancée de la nappe subbétique.

b) Nord du Berrueco (Málaga).

En dehors de la zone cartographiée, en s'approchant de la région d'Ubrique et de Grazalema, l'unité del Algarrobo s'étale largement entre le

Pénibétique au Sud et le Subbétique au Nord, dans la dépression d'Ubrique. Sa position structurale n'a pas encore été bien éclaircie, mais il semble bien qu'au Sud de la Silla, cette unité s'enfonce sous le Trias, tandis qu'au Nord elle semble chevauchée par le Pénibétique.

III. Conclusion

L'unité del Algarrobo apparaît le plus souvent en arrière du Subbétique et au front de la nappe du flysch de l'Aljibe. Elle est rarement en contact avec l'unité de Paterna, et dans ce cas il ne s'agit que de lambeaux de marno-calcaires emballés dans les argiles de cette dernière.

La position tectonique de l'unité del Algarrobo est souvent complexe en raison des mouvements tardifs qui ont modifié les contacts et plissé les différentes nappes; cependant, en général, l'unité del Algarrobo se place sous le Subbétique et sous la nappe du flysch de l'Aljibe. Son origine doit être recherchée en avant du domaine de sédimentation du Subbétique, c'est-à-dire au Nord-Ouest de ce dernier.

Chapitre XIX

TECTONIQUE DE LA NAPPE DE L'ALJIBE

I. Situation

La nappe du flysch de l'Aljibe s'étend largement dans le Campo de Gibraltar depuis les zones internes ou bétiques, jusqu'au Subbétique. Cette nappe doit son nom au massif et au sommet de l'Aljibe qui culmine à 1092 mètres à une dizaine de kilomètres à l'Est d'Alcalá de los Gazules. Cette unité tectonique englobe la très importante masse de grès (grès de l'Aljibe), qui couvre une surface considérable dans le Campo de Gibraltar.

Dans la zone cartographiée, la nappe du flysch de l'Aljibe occupe la plus grande partie de la surface située au Sud-Est d'une ligne orientée Sud-Ouest, Nord-Est, c'est-à-dire de Chiclana à Algar. Le front apparent de cette nappe est assez sinueux; au niveau de la côte atlantique, cette nappe est masquée par les dépôts post-orogéniques du Miocène supérieur et du Pliocène. De Chiclana de la Frontera à Paterna de Rivera, la nappe de l'Aljibe repose sur la grande masse triasique subbétique. Plus à l'Est et jusqu'aux environs d'Alcalá de los Gazules le front de cette nappe vient en contact, soit avec le Trias, soit directement avec l'unité de Paterna. A partir des Cerros de los Regajales, près d'Alcalá, le front de la nappe prend une direction sub-méridienne; les grès de l'Aljibe chevauchent dans cette zone l'unité del Algarrobo. Enfin, à l'Est de Las Cabras et jusqu'au Nord de la feuille au 1 : 50.000 d'Algar, la nappe de l'Aljibe repose sur le Trias marno-gypsifère du Subbétique.

En arrière du front de la nappe de l'Aljibe des fenêtres laissent voir le Subbétique ou l'unité de Paterna. Plus en arrière encore, c'est le Pénibétique qui perce la masse des grès de l'Aljibe, mais cela sort de mon domaine d'études.

Cette nappe joue un très grand rôle dans la structure de l'Ouest des Cordillères bétiques, tant par la superficie des zones qu'elle recouvre, que par la nature même de son matériel stratigraphique, totalement différent de celui du domaine externe.

II. Caractères généraux de la nappe de l'Aljibe

1. Le matériel stratigraphique

Du point de vue lithologique, on peut diviser l'unité de l'Aljibe en deux grands ensembles :

— A la base une série argileuse, la "série de base", dont l'âge est compris entre le Crétacé supérieur et l'Oligocène. Les faciès de cette série de base varient sensiblement d'Ouest en Est. A l'Ouest, on rencontre surtout des argiles colorées (vertes ou rouges) associées à des bancs de calcaires gréseux plus ou moins abondants. Vers l'Est, les niveaux de calcaires détritiques organogènes se développent surtout dans l'Eocène et l'Oligocène, pour donner le faciès de Benaïza (M. BLUMENTHAL, 1937).

Dans l'ensemble de la région, à la limite du Crétacé et du Tertiaire, s'intercalent des bancs plus ou moins épais de calcaire à débris de Microcodium. Ces bancs sont à l'état de blocs à l'Ouest, mais donnent des couches continues vers l'Est (Est de Las Cabras). Ces calcaires à débris de Microcodium se placent souvent dans les contacts anormaux au front de la nappe de l'Aljibe.

— Au-dessus, on trouve une puissante série de grès, à grains de quartz généralement arrondis et anisométriques, plus ou moins consolidés, en bancs dont l'épaisseur est très variable, mais ayant en général plusieurs mètres de puissance.

A ces deux ensembles argileux et gréseux, il faut ajouter le Miocène charrié de los Pájaros, qui affleure au Nord-Ouest d'Alcalá de los Gazules. Il s'agit d'un ensemble de niveaux molassiques datés du Miocène moyen, qui sont probablement le résultat du démantèlement des grès de l'Aljibe.

2. Caractéristiques générales de la nappe de l'Aljibe

En raison de l'opposition lithologique des deux principaux constituants de la nappe de l'Aljibe (série argileuse inférieure et série gréseuse sommitale), les mouvements tectoniques ont désolidarisé ces deux éléments, et le plus souvent les grès de l'Aljibe sont décollés sur leur substratum argileux.

Au Sud de la zone cartographiée, dans le Campo de Gibraltar, J. DIDON (1966) a étudié les styles tectoniques de la nappe de l'Aljibe et a pu distinguer plusieurs zones.

La première zone correspond sensiblement au recoin de flysch d'Estepona, c'est-à-dire à la région déprimée comprise entre le Río Guadarranque et les zones internes. C'est là que sont développées la plupart des autres unités de flysch du Campo de Gibraltar ; les grès de l'Aljibe ne constituent que des lambeaux posés sur les autres unités et leur tectonique est constituée d'écailles et de plis aigus.

La région centrale du Campo de Gibraltar, à l'Ouest de Jimena de la Frontera et de Gaucín, jusqu'à la bande pénibétique allongée entre le Berrueco (Málaga) et le Molino de la Canasta et orientée du Sud-Ouest vers le Nord-Est, présente un style tectonique bien réglé avec des couches monoclinales ou des plis aigus déversés vers l'Ouest, qui se traduisent dans la morphologie par une succession de combes argileuses et de reliefs gréseux.

Au Nord du détroit de Gibraltar, enfin, c'est-à-dire plus au Nord Ouest, les masses de grès sont très importantes et indépendantes les unes des autres, avec souvent des rabotages basaux.

Dans le Nord de la province de Cadix (zone cartographiée), il n'y a pas d'unité dans le style tectonique. Les caractères précédemment décrits dans l'une ou l'autre de ces zones peuvent s'observer, mais le plus souvent, le désordre tectonique est de règle et la plupart des affleurements de grès ont glissé indépendamment les uns des autres sur les argiles de la série de base.

3. Allure de la nappe de l'Aljibe dans la zone cartographiée

a) Feuille de Medina et de Paterna.

Dans l'Ouest de la zone cartographiée, la nappe de l'Aljibe s'étend largement sur la feuille de Medina-Sidonia, dont elle en occupe la plus grande partie. Elle s'étend par contre d'une manière beaucoup plus restreinte sur

la feuille de Paterna de Rivera, dans le coin sud-est de la feuille. Il s'agit seulement de la zone frontale de la nappe, qui se développe largement plus au Sud.

La caractéristique principale de cette zone réside dans l'allure pelliculaire de la nappe de l'Aljibe, qui s'étend largement mais avec une faible puissance. Aussi laisse-t-elle apparaître de nombreux affleurements des unités sous-jacentes. En second lieu, il faut insister sur le morcellement des grès de l'Aljibe qui se présentent sous forme de petits massifs, complètement entourés par les argiles de la série de base, sur laquelle ils sont décollés.

Chacun de ces massifs a glissé d'une manière indépendante sur son substratum argileux. La tectonique des grès est souvent assez complexe; les bancs sont souvent affectés de rabotage basal (ablation basale), quelquefois écaillés, mais aucune direction tectonique ne peut se suivre d'un massif à l'autre, de sorte que ce n'est pas l'érosion qui est responsable de ce morcellement, mais c'est la nappe elle-même qui s'est fractionnée au cours de sa mise en place.

La présence à faible profondeur du Trias et de l'unité de Paterna accentue encore l'allure désordonnée de la nappe dans cette zone. Des bombements tardifs orientés du Nord au Sud ou du Nord-Est au Sud-Ouest ont permis au Trias subbétique sous-jacent de percer au milieu de la nappe de l'Aljibe. Il faut aussi signaler que cette zone a été en partie érodée puis recouverte par des dépôts de Miocène supérieur qui ont adouci les reliefs et masqué les lignes directrices.

b) Feuille d'Alcalá et d'Algar.

Sur les feuilles d'Alcalá de los Gazules et d'Algar, les affleurements de la nappe de l'Aljibe sont plus marqués, les reliefs plus vigoureux et la nappe apparaît avec son maximum de puissance. C'est dans cette zone que se dresse le massif et le sommet de l'Aljibe, dont les lourdes barres gréseuses dominent la zone septentrionale plus molle occupée essentiellement par le Subbétique.

Dans la partie ouest de la feuille d'Alcalá, les rivières ont entamé la nappe de l'Aljibe et de larges vallées remplies d'alluvions récentes la découpent en petits massifs élémentaires. Sur les argiles de la "série de base" reposent complètement décollés les grès de l'Aljibe. Leurs bancs sont le plus souvent verticaux et orientés sensiblement du Sud-Ouest vers le Nord-Est.

Dans la partie méridionale (à l'Est de Benalup de Sidonia et au Sud d'Alcalá), les bancs de grès, généralement verticaux, se suivent sur de plus

grandes distances. Ils sont parfois orientés du Sud vers le Nord, mais leurs extrémités septentrionales ont tendance à se courber en direction de l'Ouest. C'est le cas dans le massif de la Loma de la Momia (au Sud du Río Barbate).

C'est aussi ce que l'on observe au Sud Est d'Alcalá. Cette courbure est particulièrement nette dans la vallée du Rocinejo. A l'Est du Río les couches subverticales orientées du Sud vers le Nord, se courbent à angle droit pour prende une orientation Est-Ouest en direction d'Alcalá. Cette courbure, de même que celle des Cerros de los Regajales un peu plus au Nord, peut être due au bombement triasique sur lequel est construit Alcalá de los Gazules.

Dans la partie orientale de la feuille d'Alcalá, en direction de la bande pénibétique qui joint le Cortijo de Buenas Noches au Molino de la Canasta, les couches de grès et les couches argileuses qui les séparent sont mieux réglées. Il s'agit en général de couches monoclinales ou de plis très aigus, orientés du Sud vers le Nord et quelquefois déversés vers l'Est ou vers l'Ouest. Il semble que comme plus au Sud (J. DIDON, 1966), la remontée du Pénibétique à l'Est de cette zone ait pu guider l'orientation et la structure des grès de l'Aljibe.

Dans le massif de l'Aljibe et sur son pourtour, les unités sous-jacentes n'apparaissent pas, car c'est ici que les grès atteignent leur maximum de puissance. Les bancs de grès et la série de base sont impliqués dans une tectonique qui se traduit par des écailles, toutefois ici encore, les directions des couches ne sont pas uniformes, et les structures ne peuvent pas s'expliquer par une seule poussée ; après l'avancée massive de la nappe, celle-ci a dû être remise en mouvement.

Plus au Nord (à l'Est de Las Cabras), les décollements des grès sur la série de base, acompagnés de rabotage basal, sont très fréquents. Les bancs, qui se suivent souvent sur de grandes distances se tordent et quelquefois se fragmentent. Les unités sous-jacentes apparaissent bien à la hauteur du Puerto de Galiz.

4. Le Miocène de los Pájaros

Il faut rattacher à la nappe de l'Aljibe le Miocène moyen de los Pájaros qui affleure au Nord-Ouest d'Alcalá de los Gazules (fig. 51 et 52).

Les couches dessinent un vaste synclinal d'axe Est-Ouest, mais reposent par la tranche sur les argiles sous-jacentes (unité de Paterna).

Le phénomène d'ablation basale est particulièrement net à l'Est et à l'Ouest du massif de los Pájaros. Il se voit d'une manière très nette depuis

la vallée du Río de Fraja, et encore mieux depuis le flanc occidental du Cerro d'Espertales (Molino de Calasaña). Les flancs de ce synclinal raboté sont dissymétriques : au Sud, les couches plongent fortement vers le Nord ; au Nord, elles sont faiblement inclinées vers le Sud.

Ce massif gréseux repose sur l'unité de Paterna, soit directement, soit par l'intermédiaire d'un paquet de grès de l'Aljibe qui se trouve coincé ainsi entre l'unité de Paterna et le Miocène de los Pájaros.

La position structurale de cette série gréseuse est tout à fait analogue à celle des grès de l'Aljibe de la Loma de Medina, qui affleure immédiatement au Sud ; comme les grès de l'Aljibe, le Miocène moyen de los Pájaros est charrié sur l'unité de Paterna. De plus ces grès sont liés à ceux de l'Aljibe à l'avant (au Nord), et nous avons vu par ailleurs que les grès de los Pájaros présentaient le même aspect morphoscopique que ceux de l'Aljibe, c'est-à-dire que le matériel constitutif de ces grès dérivait des grès de l'Aljibe. Il y a tout lieu de penser que cette série est liée à la nappe de l'Aljibe et qu'elle n'en est qu'un fragment possédant des caractères un peu particuliers.

III. Mécanisme de mise en place de la nappe de l'Aljibe

1. Les grès de l'Aljibe et la série de base

La tectonique de la nappe de l'Aljibe est caractérisée par la présence de deux niveaux lithologiques superposés à jeu tectonique indépendant.

Le rabotage basal (ablation basale) généralisé des grès de l'Aljibe et de sa série de base, peut avoir son origine dans des failles normales très plates, comme l'a suggéré M. MATTAUER (1964). La figure 94 empruntée à cet auteur traduit bien le mécanisme de la genèse possible de tels rabotages dans des séries monoclinales.

Dans les zones écaillées ou affectées de plis aigus, il faut penser à une remise en mouvement de la nappe de glissement sous l'effet de bombements postérieurs, qui ont donné des anticlinaux de nappes. C'est ce qui se passe en général sur les feuilles d'Algar et d'Alcalá dans les zones où les unités sous-jacentes (unité de Paterna ou Trias) ont tendance à se soulever.

Dans les zones frontales et dans la région de Medina, où la nappe de l'Aljibe est très disjointe, il faut penser à des glissements différentiels des deux niveaux lithologiques, avec un décollement généralisé des grès de

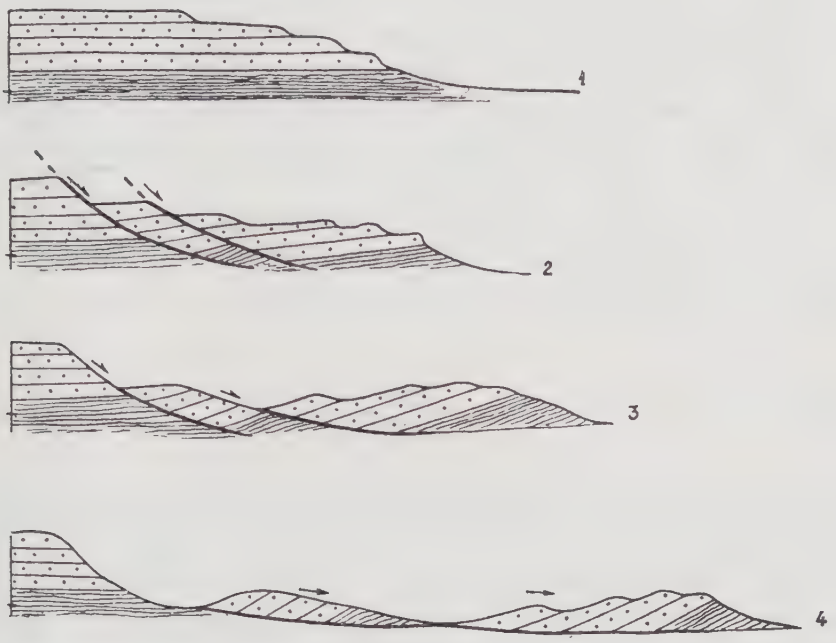


Fig. 94.—Mode de genèse possible du "rabotage basal" affectant la nappe numidienne (d'après M. MATTAUER).

l'Aljibe sur la "série de base", ce qui donne à cette nappe un aspect chaotique et démantelé, analogue à celui des blocs de Subbétique décollés sur leur Trias.

2. Le Miocène moyen de los Pájaros

Le Miocène moyen de los Pájaros, est intimement lié à la nappe de l'Aljibe, tant du point de vue structural que du point de vue génétique. Ce synclinal miocène est affecté d'un rabotage basal (ablation basale) mais ses flancs sont réguliers et ne sont pas déformés, c'est dire qu'il s'est relativement assez peu déplacé.

Quant à sont matériel, il provient certainement du démantèlement de la nappe de l'Aljibe, dont le déplacement est antérieur à ce Miocène moyen (il est postérieur à une partie du Miocène inférieur, car les grès de l'Aljibe montent au moins jusque dans l'Aquitanien). Lors d'une seconde phase tectonique, la nappe de l'Aljibe et le Miocène moyen de los Pájaros, qui s'était sédimenté au front de la nappe, se sont remis en mouvement et c'est de

cette époque que date le rabotage basal de leurs assises. Cette seconde mise en mouvement est peut-être contemporaine des écaillages des plis que l'on observe en arrière du front de la nappe, ainsi que du décollement des grès de l'Aljibe sur leur série de base dans la région frontale. Cette mise en place en deux temps (ou plus) du Miocène de los Pájaros, n'est pas un phénomène isolé. Si l'unité de Paterna et la série de base de l'Aljibe ne représentent que deux aspects tectoniques de la même série argileuse, nous verrons plus loin qu'il faut envisager aussi une mise en place complexe, ayant nécessité au minimum deux phases tectoniques.

IV. Conclusion

La nappe du flysch de l'Aljibe occupe une grande surface au Sud du domaine subbétique qu'elle chevauche clairement. La tectonique propre de cette nappe, qui constitue le terme le plus élevé de l'édifice structural de l'Ouest des Cordillères bétiques n'est pas simple et varie suivant les zones.

Cette nappe est cependant caractérisée par un rabotage basal (ablation basale) général de ses deux constituants principaux (grès de l'Aljibe et série argileuse de base) sur les unités sous-jacentes. Cette ablation basale a été suivie d'une remise en mouvement qui a donné naissance à l'arrière à des écailles et à des plis aigus. En avant (au front), par contre, la nappe s'est fragmentée en même temps que les grès se désolidarisaient de leur substratum argileux. Les mouvements tardifs affectant les unités sous-jacentes, ont pu encore provoquer des glissements différentiels.

TROISIEME PARTIE

Conclusions Générales

Chapitre XX

PROBLÈMES STRUCTURAUX ET PALÉOGEOGRAPHIQUES DE L'EXTRÉMITÉ OCCIDENTALE DES CORDILLÈRES BÉTIQUES

Avant de replacer le Nord de la province de Cadix dans le cadre plus général des Cordillères bétiques, il est utile de rappeler les principaux résultats apportés au cours des chapitres précédents.

Aux données stratigraphiques et tectoniques relatives aux différentes unités mises en évidence dans cette région, nous ajouterons celles qui ont été apportées par les coupes des sondages forés dans le bassin du Guadalquivir et le Campo de Gibraltar. Nous serons alors amenés à aborder le problème de l'autochtone, puis celui de la mise en place des unités, avec, en corollaire, celui de la datation de ces phénomènes. Enfin, nous essaierons de voir comment ces différentes unités évoluent latéralement et quelle est leur place dans l'édifice structural des Cordillères bétiques.

I. Le matériel

A) Les données de la stratigraphie

Nous ne reprendrons pas l'étude stratigraphique qui a été développée plus haut et qui est résumée dans le chapitre XIV. Nous rappellerons seulement les ressemblances et les oppositions qui existent entre les différentes séries.

Au terme de l'étude stratigraphique, nous avons vu que l'on pouvait ranger les diverses unités qui affleurent dans le Nord de la province de

Cadix, soit dans les unités de type flysch, soit dans les "unités" externes à sédimentation principalement calcaire et marneuse.

Dans le domaine externe ont été rangés : le Subbétique, le Pénibétique, l'unité del Algarrobo et l'unité des moronites ; il faut y ajouter les écailles de Majales et du Fresnillo (corridor de Boyar) dont l'appartenance sera discutée plus loin. Dans le domaine du flysch se placent la nappe de l'Aljibe et l'unité de Paterna.

1. Les unités externes.

Deux "unités" seulement possèdent une série stratigraphique bien développée : le Subbétique (du Trias au Miocène inférieur) et le Pénibétique (du Trias à l'Oligocène). Les séries stratigraphiques des autres "unités" sont plus réduites : Unité del Algarrobo limitée au Crétacé moyen et supérieur et moronites dont l'âge est compris entre l'Oligocène et le Miocène moyen.

Toutes les "unités" du domaine externe présentent des caractéristiques de type pélagique, sauf toutefois le Pénibétique qui dès la fin de l'Eocène reçoit des apports détritiques. Seules de petites différences de faciès permettent d'individualiser chacune de ces unités. Deux exemples pris au Crétacé et au Tertiaire permettent de suivre l'évolution des faciès :

— *Au Crétacé.*

Dans le Subbétique, la sédimentation s'est poursuivie d'une manière régulière et l'on rencontre des calcaires marneux et des marnes depuis le Berriasien jusqu'au Maestrichtien. Ce n'est que dans la partie supérieure de cet étage qu'apparaissent des éléments détritiques, donnant des faciès marno-gréseux ou calcaro-gréseux.

Dans le Pénibétique, par contre le Crétacé inférieur manque et les marnes du Crétacé moyen reposent, par l'intermédiaire d'une surface durcie, sur le Tithonique calcaire et fossilise un ancien karst creusé dans le Jurassique.

L'unité del Algarrobo comporte essentiellement du Crétacé : l'Albien, le Cénomanien et le Turonien y ont été datés, le Sénonien supérieur recouvre le Turonien par l'intermédiaire d'un conglomérat.

— *Au Tertiaire.*

Dans le Subbétique, au-dessus du Crétacé, le Paléocène calcaro-gréseux et l'Eocène marneux ont été distingués grâce à de riches microfaunes pélagiques. L'Eocène moyen et l'Eocène supérieur comportent des niveaux de

calcaires gréseux. L'Oligocène possède, en outre, des grès francs et la série se termine par des marnes blanches de la base du Miocène.

Les moronites étaient probablement situées à la marge externe (septentrionale) du Subbétique. Elles sont constituées par des marnes et des argiles à Diatomées dont l'âge est compris entre l'Oligocène et le Miocène moyen.

Dans le Pénibétique, les "couches rouges" se poursuivent dans l'Eocène, mais se chargent en éléments détritiques vers le haut et des formations d'âge oligocène, de type flysch couronnent la série.

2. Les unités à matériel flysch.

Dans le Nord de la province de Cadix, on rencontre la nappe de l'Aljibe et l'unité de Paterna. Cette dernière ne correspond sans doute qu'à une partie de la "série argileuse de base" de la nappe de l'Aljibe et englobe divers copeaux arrachés aux autres unités.

Dans le Sud du Campo de Gibraltar (J. Didon, 1960-1962), les unités flysch sont plus diversifiées. Sous la nappe de l'Aljibe s'individualisent l'unité de los Nogales, réduite à quelques témoins de flysch du Crétacé inférieur, l'unité d'Algésiras comportant une série s'étendant depuis le Crétacé moyen jusqu'à l'Oligocène et caractérisée par un puissant flysch oligocène, et l'unité de Camarote, que l'on rencontre seulement à la limite des zones internes et des zones externes et dont le matériel appartient essentiellement au Crétacé inférieur.

3. Les écailles de Majales et du Fresnillo.

Le long du corridor de Boyar, s'individualisent les écailles de Majales et du Fresnillo. Leur série stratigraphique est différente de celles du Pénibétique situé au Sud et du Subbétique qui affleure plus au Nord. En effet, sur un Trias essentiellement gréseux et calcaro-dolomitique repose un Jurassique calcaire peu épais qui se termine par des niveaux de radiolarites et passe à des marnes rouges crétacées qui supportent des calcaires gréseux gris à débris de Microcodium; les derniers bancs de calcaires gréseux contiennent des grands Foraminifères de l'Eocène.

P. Hoppe (1965) a fait de ces écailles la bordure septentrionale du Pénibétique. Toutefois, si certains caractères stratigraphiques se retrouvent dans le Pénibétique (Jurassique), les couches du Crétacé et du Tertiaire ont beaucoup d'analogie avec les séries décrites dans les unités du flysch. Aussi est-il préférable de penser que la série sédimentaire de ces écailles s'est déposée à la bordure interne (méridionale) du Pénibétique et que ces formations

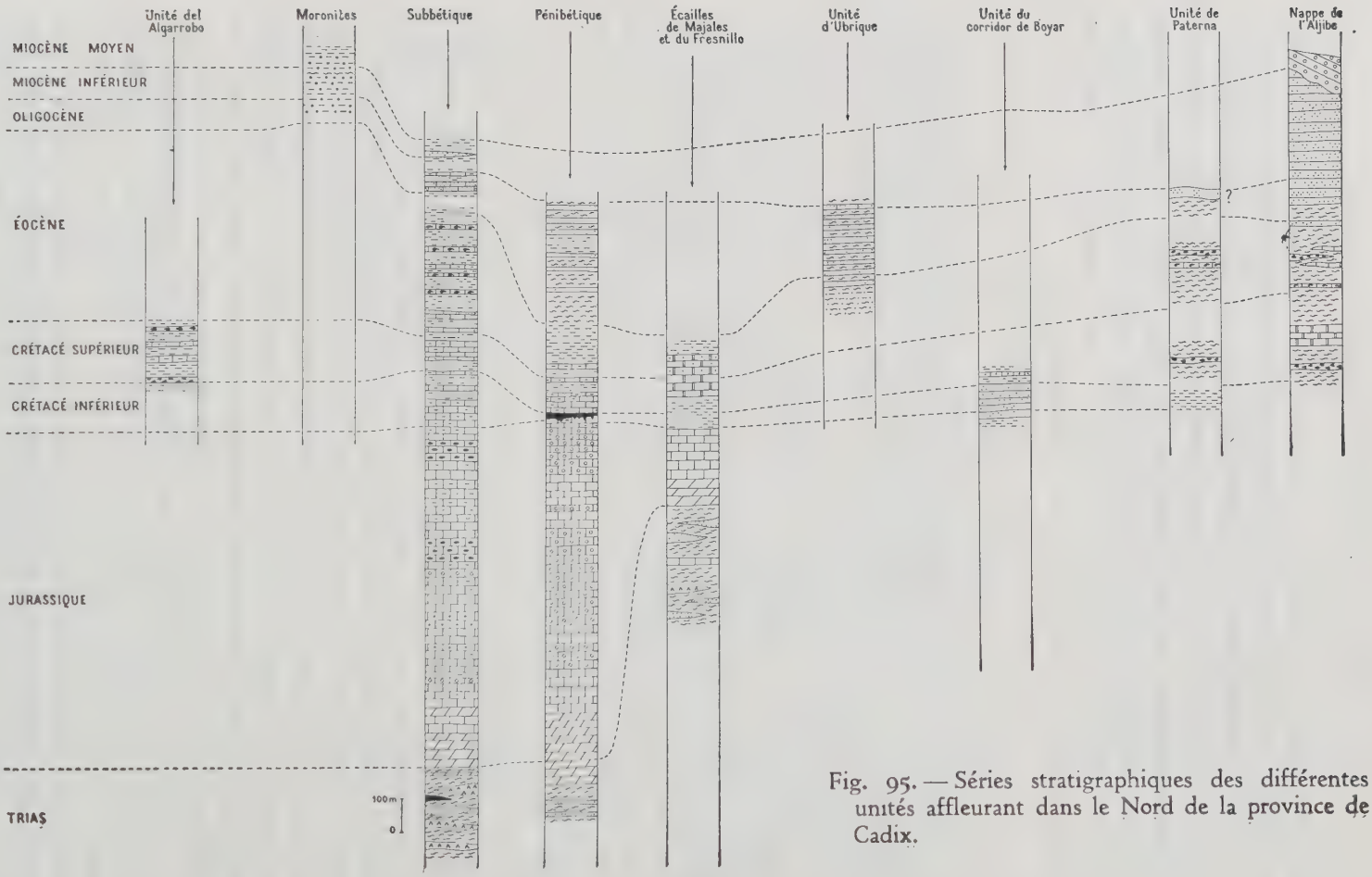


Fig. 95. — Séries stratigraphiques des différentes unités affleurant dans le Nord de la province de Cadix.

ont été entraînées en avant du Pénibétique lors de l'avancée des nappes du flysch.

Les données relatives à la stratigraphie des différentes unités affectées par la tectonique tertiaire, ont été résumées dans la figure 95 qui montre l'évolution des faciès dans le domaine subbétique et dans celui du flysch.

B) Les données tectoniques

1. Région d'Alcalá de los Gazules (fig. 96 et 97).

Au Nord-Ouest de la province de Cadix (région d'Alcalá de los Gazules), cinq des unités précédemment décrites sont représentées :

— La nappe de l'Aljibe.
— L'unité de Paterna.
— Le Subbétique.
— L'unité des moronites.
— L'unité del Algarrobo.

La nappe de l'Aljibe (grès de l'Aljibe et "série de base") couronne l'édifice ; cette nappe ne pose pas de problèmes tectoniques particuliers car elle est superposée à toutes les autres unités.

L'unité de Paterna n'apparaît qu'en fenêtres sous le Subbétique (Trias marno-gypsifère, parfois surmonté des séries jurassique, crétacée et nummulitique décollées). Elle constitue le terme le plus profond de l'édifice structural du Nord de la province de Cadix, sur lequel les autres unités sont charriées. Il faut noter cependant qu'elle renferme des copeaux d'unités structuralement plus élevés.

Le Subbétique occupe généralement une position moyenne entre la nappe de l'Aljibe qui le surmonte et l'unité de Paterna qui le supporte.

Les deux autres unités ont une extension beaucoup moins grande (du moins à l'affleurement). L'unité del Algarrobo se place en avant et sous la nappe du flysch de l'Aljibe. Elle a beaucoup d'analogies avec la partie orientale du Sénonien de Tanger du Maroc septentrional. Les moronites constituent probablement une formation liée à la partie septentrionale du Subbétique. Elles chevauchent l'unité de Paterna.

Le Pénibétique ne joue qu'un rôle limité dans cette zone ; il perce sous la nappe de l'Aljibe dans le Campo de Gibraltar.

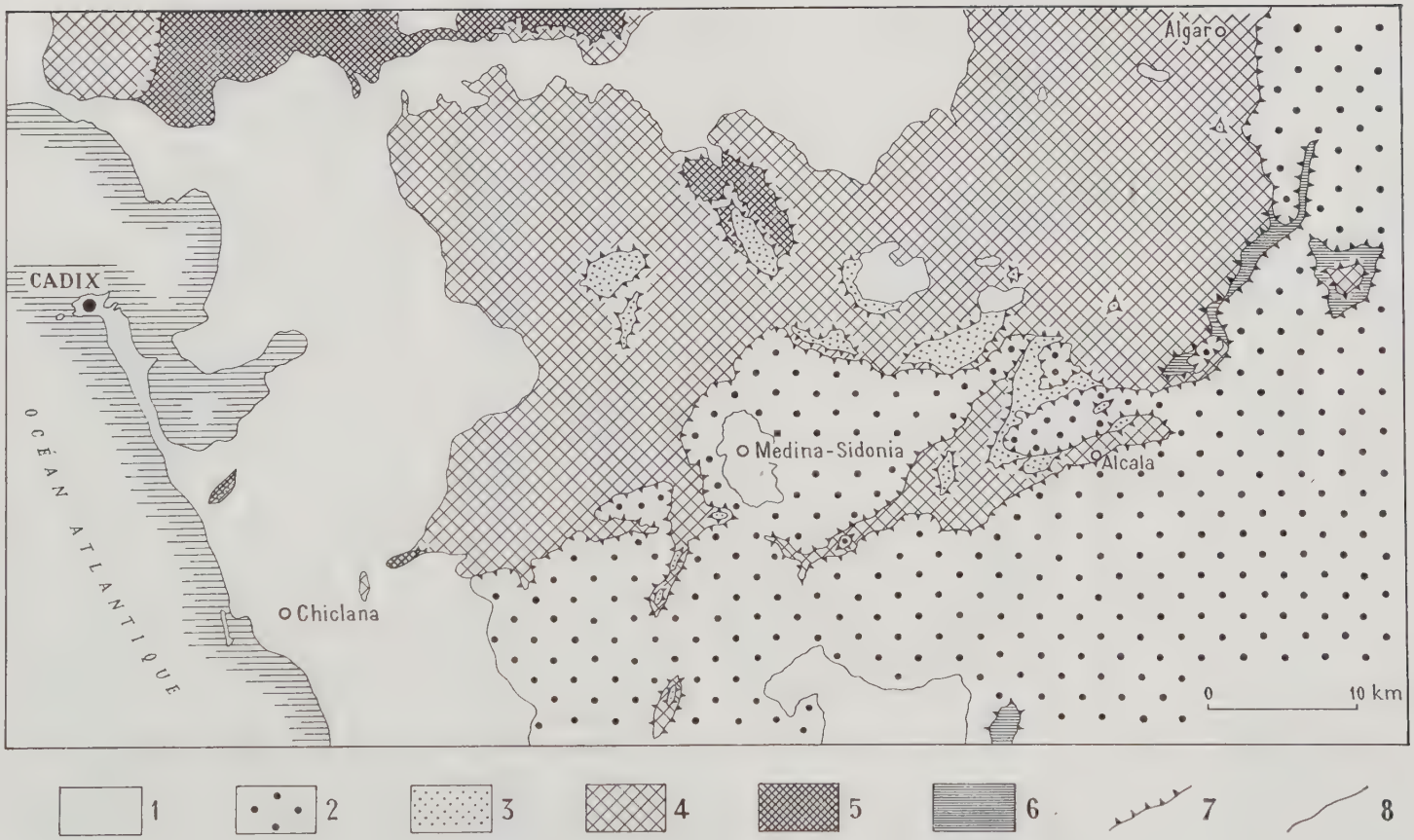


Fig. 96.—Carte structurale du Nord de la province de Cadix.

1 : Quaternaire ; 2 : Nappe du flysch de l'Aljibe ; 3 : Unité de Paterna ; 4 : Subbétique ; 5 : Moronites ; 6 : Unité del Algarrobo ; 7 : Contact anormal ; 8 : Contour géologique.

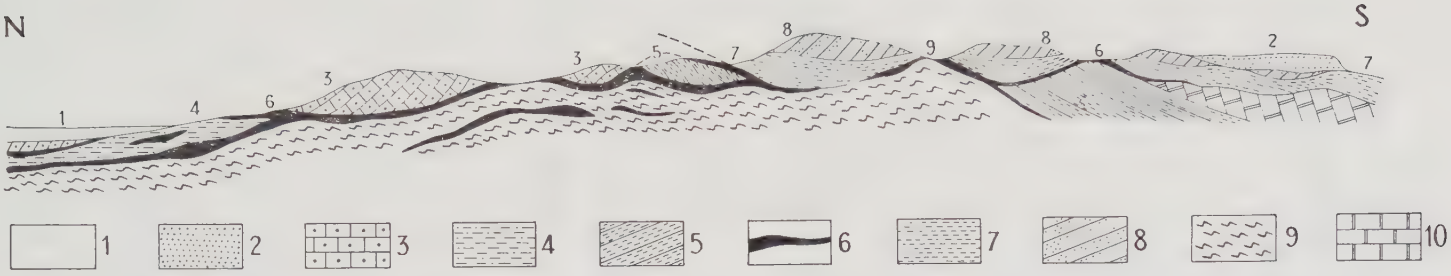


Fig. 97.—Coupe méridienne composite simplifiée dans le Nord de Cadix.

1 : Quaternaire ; 2 : Terrains post-orogéniques ; 3 : Subbétique ; 4 : Moronites ; 5 : Unité del Algarrobo ; 6 : Trias marno-gypsifère ; 7 : Série de base de la nappe de l'Aljibe ; 8 : Grès de l'Aljibe ; 9 : Unité de Paterna ; 10 : Pénibétique.

2. Région d'Ubrique et de Grazalema.

Dans la région d'Ubrique et de Grazalema, le Pénibétique prend un grand développement et vient affronter le Subbétique au niveau du corridor de Boyar.

L'unité de Paterna, bien développée, encercle les massifs subbétiques qu'elle supporte. Des unités d'origine plus méridionale (écailles de Majales et du Fresnillo) s'intercalent entre le Subbétique et le Pénibétique et sont chevauchées par ce dernier.

La nappe de l'Aljibe se trouve dans la même situation que dans les zones plus occidentales: elle couronne tout l'édifice. Mais deux autres nappes à matériel flysch (unité d'Ubrique et unité du corridor de Boyar) s'intercalent entre le Pénibétique et la nappe de l'Aljibe.

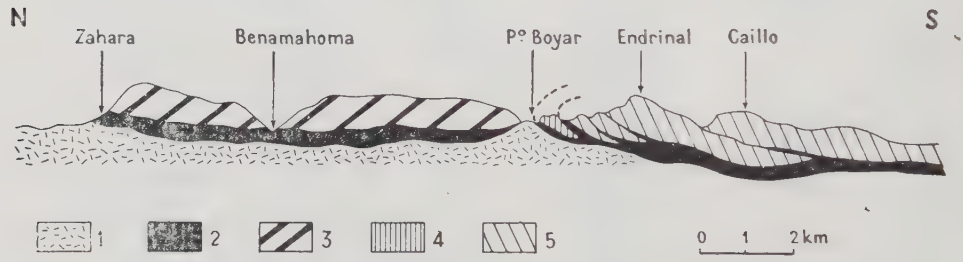


Fig. 98.—Coupe schématique du Subbétique et du Pénibétique de part et d'autre du corridor de Boyar.

1: "Unité de Paterna"; 2: Trias; 3: Subbétique; 4: Ecailles de Majales et du Fresnillo; 5: Pénibétique.

La figure 98 montre les relations du Subbétique et du Pénibétique de part et d'autre du corridor de Boyar.

C) Les données des sondages

Entrepris dans le bassin du Guadalquivir et le Campo de Gibraltar, par la Compagnie "Adaro", des sondages pétroliers ont été décrits par E. Perconig (1960-1962).

La répartition et la situation géographique de ces sondages ont été reportées sur la figure 99. Nous avons regroupé les coupes de ces sondages dans deux figures. La figure 100 donne les coupes des sondages qui sont

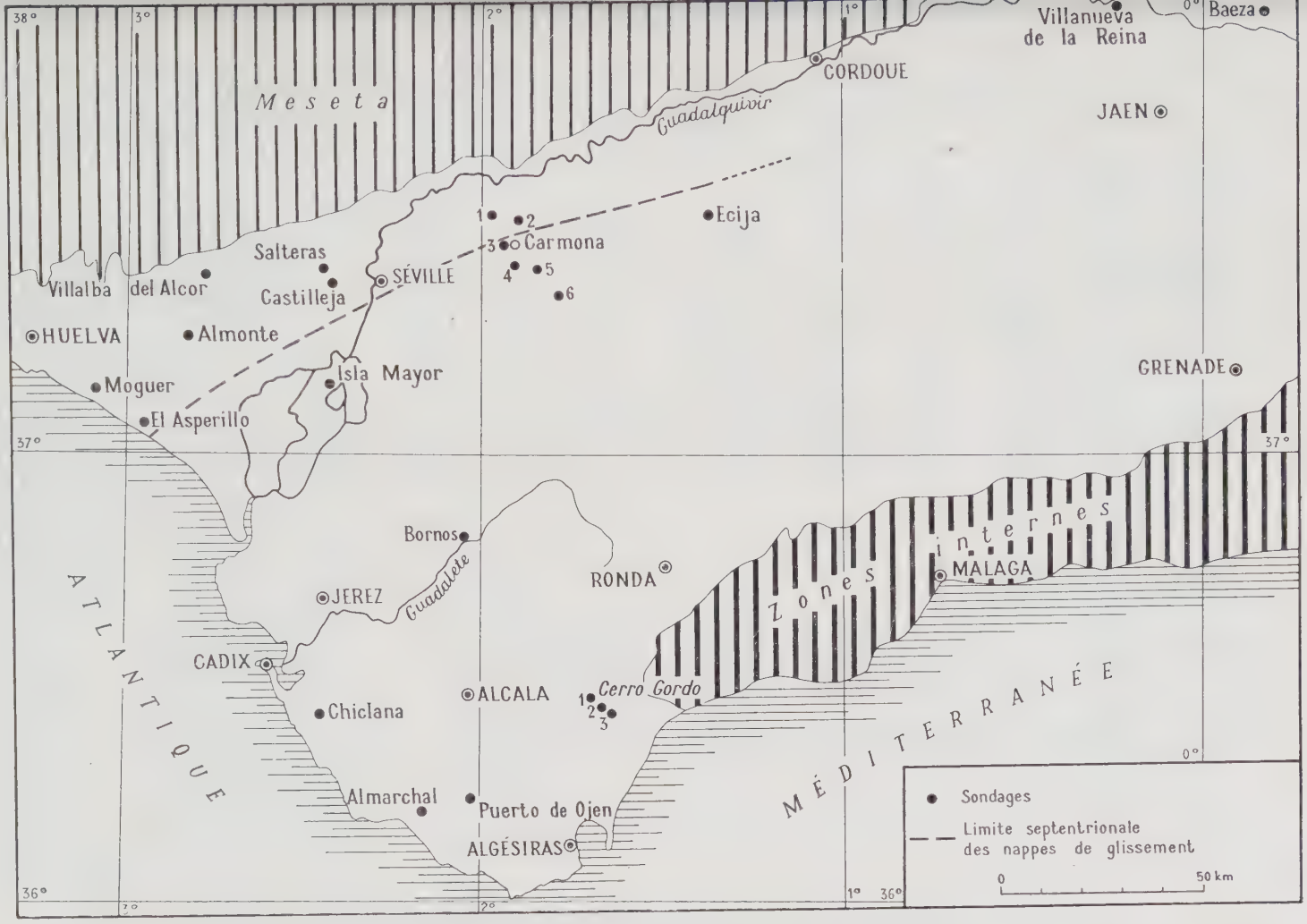


Fig. 99.—Localisation des sondages pétroliers forés dans le Sud-Ouest de l'Espagne (d'après E. PERCONIG, 1960-1962).

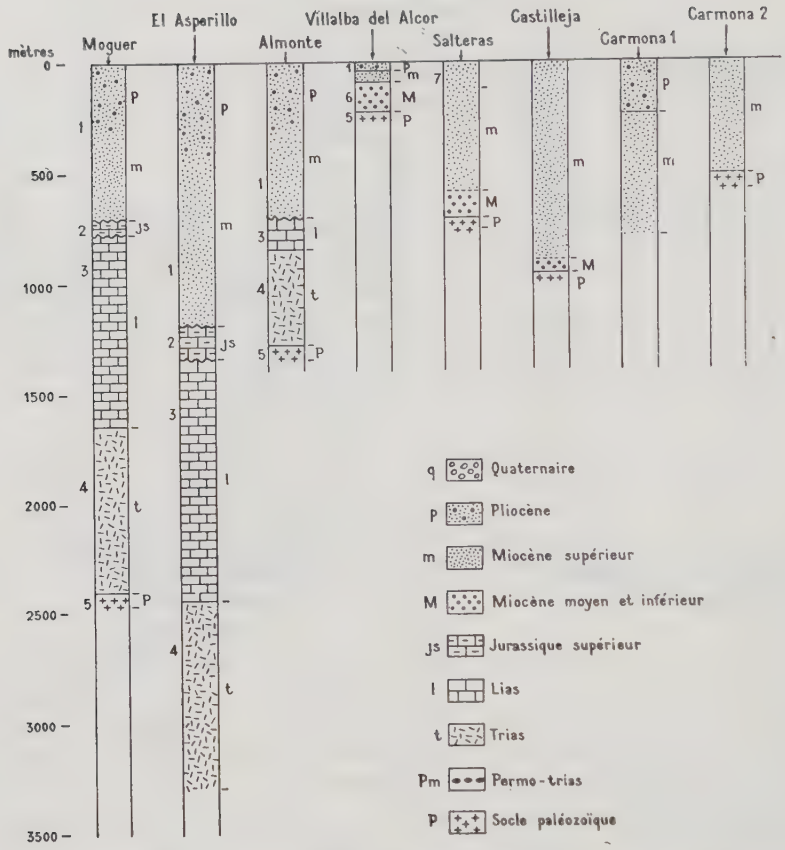


Fig. 100.—Coupes des sondages du bassin du Guadalquivir qui sont restés dans l'autochtone (d'après E. PERCONIG).

restés dans l'autochtone, tandis que la figure 101 donne celles des sondages qui ont rencontré des superpositions anormales.

Entre Huelva et Carmona, les sondages septentrionaux ont traversé le Tertiaire qui est, soit directement transgressif sur le socle paléozoïque de la Meseta (Villalba del Alcor, Salteras, Castilleja, Carmona 2), soit transgressif sur des couches secondaires appartenant à la série de l'Algarve qui comprend du Trias, du Lias et du Jurassique supérieur ; notons cependant que cette série est d'autant plus complète que l'on se rapproche du golfe de Cadix.

Les autres sondages ont montré des successions beaucoup plus complexes. Ceux pratiqués dans le bassin du Guadalquivir (Carmona 4, 5 et 6, ainsi que Isla Major) débutent comme les sondages précédents dans le Tertiaire

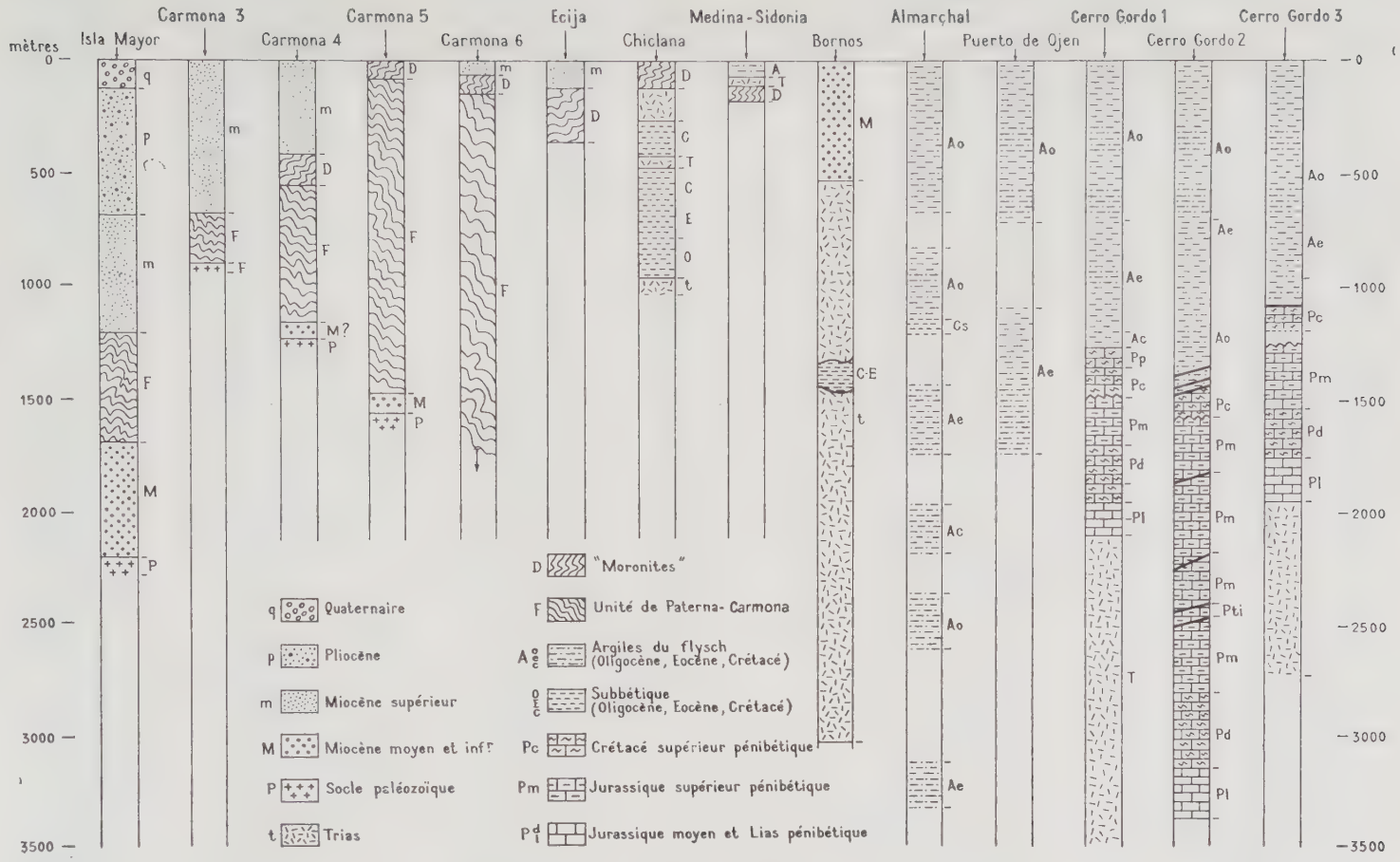


Fig. 101.—Coupe des sondages du bassin du Guadalquivir et du Campo de Gibraltar, qui ont traversé les nappes de glissement (d'après E. PERCONIG).

élevé (Pliocène ou Miocène supérieur) mais ont rencontré au-dessous une masse argileuse, dont les faciès et les microfaunes rappellent ceux de la série de base de l'Aljibe (Campo de Gibraltar) et que E. PERCONIG a placés dans une nappe de glissement (nappe de Carmona). Nous avons vu plus haut que nous pouvons l'assimiler à l'unité de Paterna. Cette unité repose sur des couches du Miocène inférieur et moyen transgressif sur le socle paléozoïque.

Le sondage d'Ecija a rencontré les moronites sous le Miocène supérieur post-nappe. Celui de Chiclana de la Frontera qui débute dans les moronites a rencontré plusieurs niveaux crétacés et tertiaires à faciès subbétiques séparés par du Trias marno-gypsifère. Le sondage de Bornos a rencontré sous le Miocène moyen une énorme masse de Trias marno-gypsifère de plus de 2.500 m. de puissance avec, au milieu, des indices de formations subbétiques (Crétacé supérieur, Eocène). Celui de Medina Sidonia a trouvé le Trias sous les argiles de la série de base de l'Aljibe et, plus bas, de nouveau des argiles bariolées à Arénacés (unité de Paterna).

Enfin plus au Sud les sondages de Cerro Gordo ont trouvé le Pénibétique (du Trias à l'Oligocène) sous les nappes du flysch du Campo de Gibraltar.

II. Le problème de l'autochtone

Le Nord de la province de Cadix est formé d'un empilement d'unités charriées les unes sur les autres, qui se prolongent en surface vers le Nord jusqu'au bassin du Guadalquivir où elles disparaissent sous les dépôts récents. Le problème est de savoir quel est l'autochtone qui supporte ces unités.

1. Place de l'unité de Paterna

L'unité de Paterna se présente dans le Nord de la province de Cadix comme un autochtone relatif, puisqu'elle n'apparaît qu'en fenêtre sous les autres unités qui la surmontent. Il est tentant d'en faire un autochtone, ou du moins un parautochtone. C'est ce qu'a fait P. HOPPE (1965) en plaçant (1)

(1) P. HOPPE se base sur une note (P. CHAUVE, 1960-1962) dans laquelle j'avais envisagé que l'unité de Paterna puisse être un élément externe (septentrional). J'ai actuellement abandonné cette interprétation en raison des difficultés d'ordre paléogéographique qu'elle entraîne (nécessité de placer un bassin de flysch au Nord du Subbétique, et uniquement localisé dans l'Ouest des Cordillères bétiques) et en raison

le bassin de sédimentation de l'unité de Paterna, en bordure de la Meseta, à la place du bassin actuel du Guadalquivir (fig. 102).

Or, les sondages du bassin du Guadalquivir (Carmona 4, 5 et 6, Isla Major) montrent bien en profondeur l'existence d'une nappe de glissement (la nappe de Carmona) dont tous les caractères rappellent l'unité de Paterna, et qui repose sur du Miocène inférieur et moyen transgressif sur le socle de la Meseta. Il s'agit donc bien d'une nappe de Paterna-Carmona, qui provient nécessairement d'une zone plus méridionale. De plus, la parenté que l'on peut reconnaître avec la nappe de l'Aljibe plaide aussi en faveur de l'allochtonie de l'unité de Paterna.

Ainsi l'unité de Paterna, qui se rencontre en fenêtre sous les autres unités de Jerez de la Frontera à la Sierra del Tablón, c'est-à-dire sur plus de 120 km. d'Ouest en Est, n'est qu'un soubassement tectonique, lui-même charrié. En aucun cas elle ne peut être considérée comme l'autochtone du Nord de la province de Cadix, car, de toute manière, elle s'est déplacée vers le Nord.

2. Le problème du Prébétique.

Dans l'Est des Cordillères bétiques, le Prébétique prend un développement particulièrement important. Il représente la couverture, décollée et légèrement déplacée, de la Meseta. Ses faciès essentiellement néritiques n'ont rien de commun avec la série sédimentaire de l'Algarve qui affleure au Sud du Portugal.

Le Prébétique qui affleure dans la partie orientale et moyenne des Cordillères bétiques semble se terminer à l'Ouest de Jaén. Il constitue la marge septentrionale du domaine externe et passe progressivement (A. Foucault, 1960-1962); J. Paquet, 1963; J. Azéma, 1965) vers le Sud du Subbétique par l'intermédiaire de zones à faciès mixtes.

Dans le Nord de la province de Cadix, le Prébétique n'existe pas à l'affleurement et n'a pas été rencontré dans les sondages. Il y a donc probablement une terminaison paléogéographique de cette zone vers l'Ouest dans le bassin du Guadalquivir. Au fond de ce bassin, en effet, on trouve seulement des dépôts miocènes (inférieur et moyen), transgressifs sur le socle paléozoïque de la Meseta. D'ailleurs on peut se demander si cette zone

---

des grandes analogies de faciès et de microfaunes qui existent entre l'unité de Paterna et la nappe de l'Aljibe. Il faut aussi tenir compte du fait que l'unité de Paterna n'affleure que dans les régions où existent plus au Sud des nappes de flysch. (Note ajoutée en cours d'impression.)

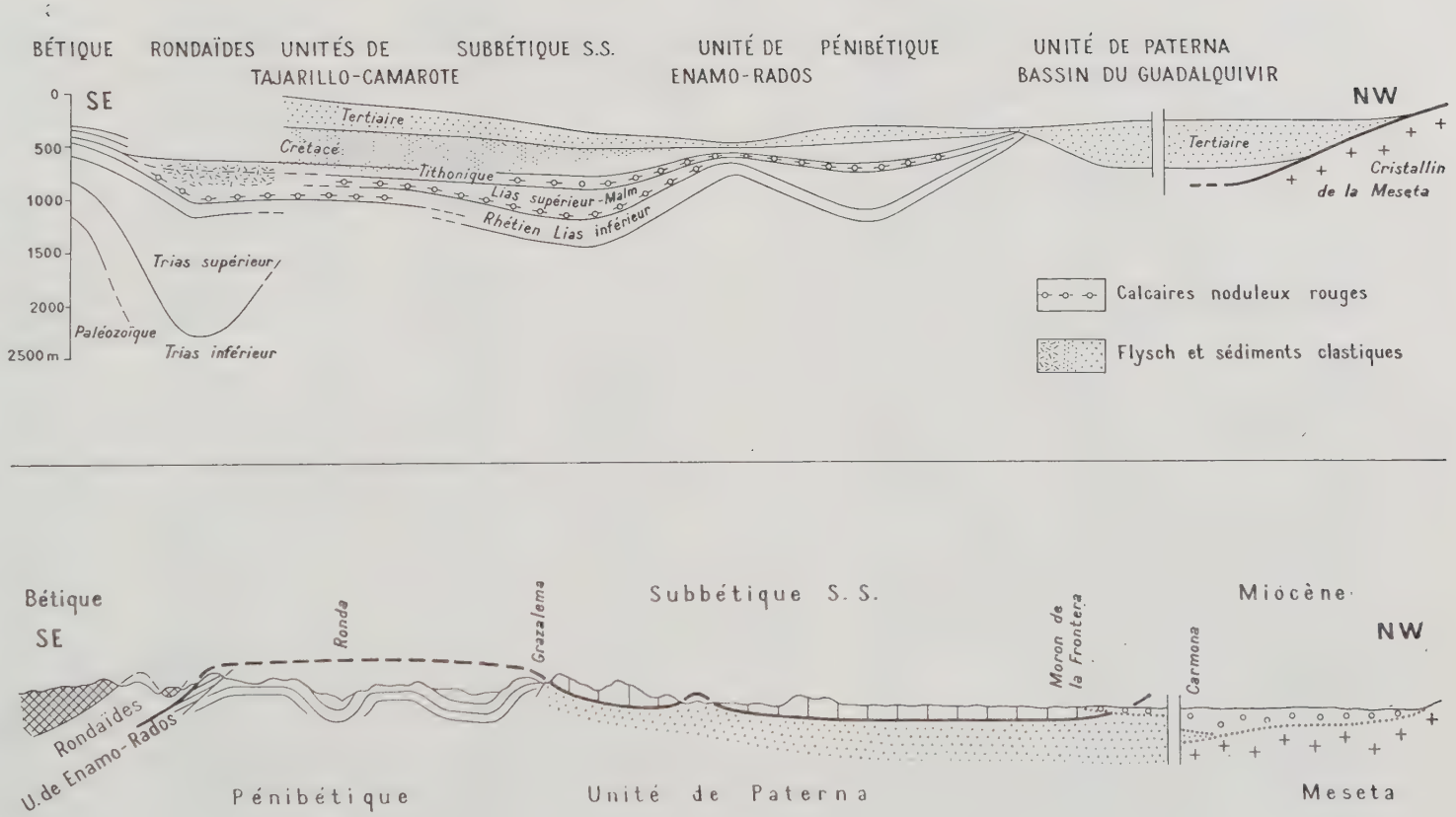


Fig. 102.—Place relative des différentes unités affleurant dans le région de Ronda selon P. HOPPE, 1965.

n'était pas émergée pendant le Secondaire et une partie du Tertiaire (2). L'abaissement du socle a pu commencer au Miocène. Son enfoncement a été probablement très important à la fin du Miocène, pendant que se mettaient en place les nappes de glissement.

Le Prébétique n'existant pas, il faut donc chercher un autre autochtone.

3. Place de l'unité del Algarrobo.

L'unité del Algarrobo est assez peu développée en surface dans le Nord de la province de Cadix. Elle n'affleure que sous forme d'un fin liseré en avant de la nappe de l'Aljibe qui la chevauche. Nous avons vu aussi plus haut qu'il était logique de placer tectoniquement l'unité del Algarrobo sous le Subbétique, ce qui entraînerait l'allochtonie totale du Subbétique à condition toutefois que le Subbétique se soit bien déposé au Sud du bassin de sédimentation de l'unité del Algarrobo.

La présence de Trias à la base de l'unité del Algarrobo (près du Cerro del Piojo), l'existence de l'unité de Paterna en arrière sous la nappe du flysch de l'Aljibe et la présence de paquets de l'unité del Algarrobo emballés dans l'unité de Paterna laissent supposer que l'unité del Algarrobo s'est aussi avancée vers le Nord et l'on ne peut pas la considérer comme un autochtone certain, du moins à la hauteur de Cadix, c'est-à-dire dans la zone étudiée.

4. Le socle et sa couverture autochtone.

Ainsi dans le Nord de la province de Cadix, toutes les unités qui affleurent sont charriées et l'autochtone doit être recherché plus au Nord dans les niveaux les plus profonds qui ont été atteints par les sondages, c'est-à-dire dans le socle paléozoïque de la Meseta et de sa couverture sédimentaire miocène.

Au fond des sondages du Guadalquivir, le socle paléozoïque a été touché en de nombreux points : argiles schisteuses et schistes gris verdâtres ou noirâtres à Moguer, El Asperillo, Almonte, Isla Major et Ecija, gneiss et granite à Carmona. Certains ont rencontré du Trias, du Lias et du Jurassique supérieur (Moguer et El Asperillo). Celui d'Almonte n'a traversé que du Trias et du Lias. Les faciès de ces assises sont comparables à ceux de l'Algarve.

La figure 103 replace les affleurements secondaires autochtones du bas-

(2) On pourrait envisager aussi que des dépôts antérieurs au Miocène aient existés sur le socle mesetain, à l'emplacement de l'actuel bassin du Guadalquivir. Ceux-ci auraient pu être complètement érodés avant le dépôt du Miocène inférieur.

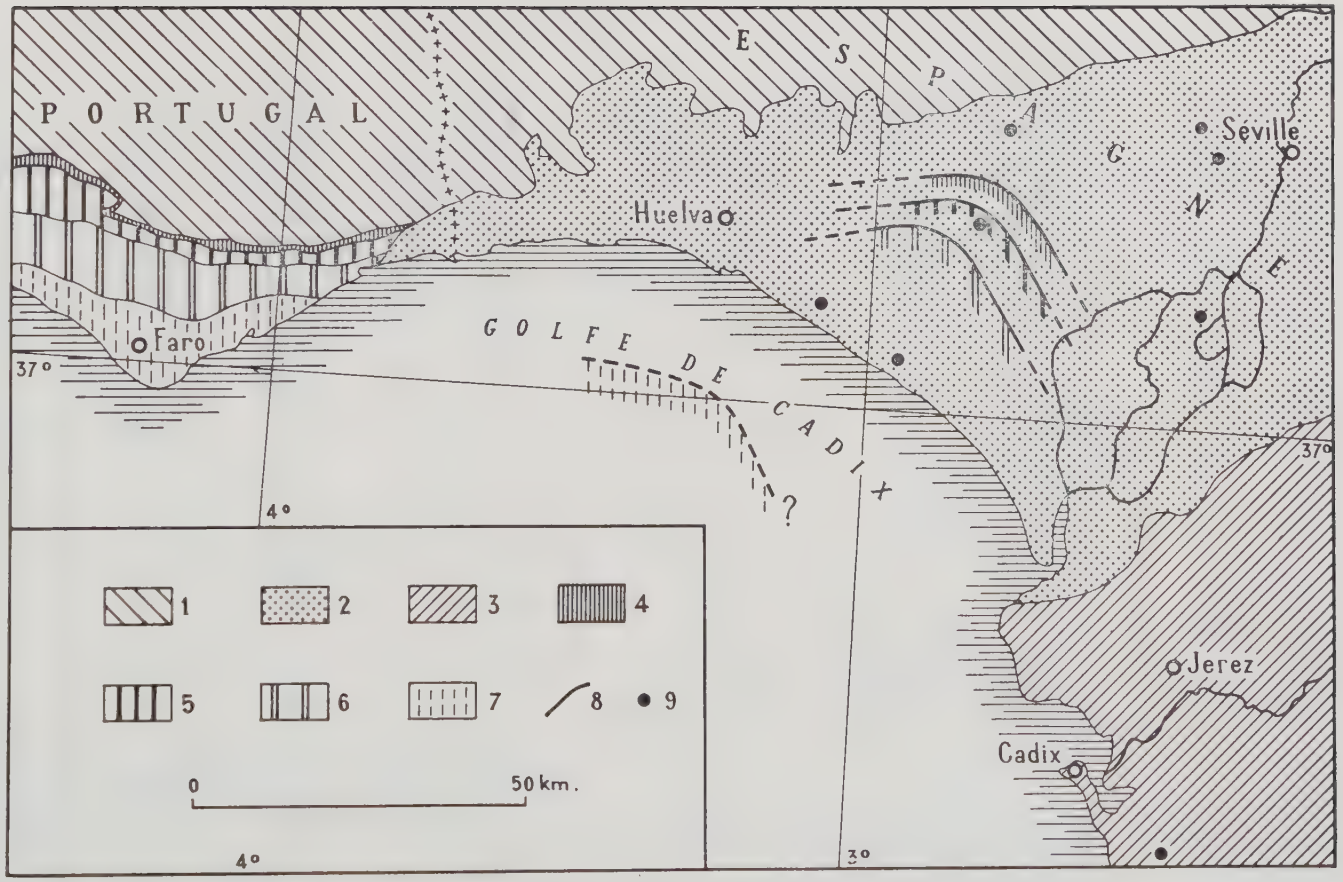


Fig. 103.—Carte de la région de l'Algarve et du Bassin du Guadalquivir.

1 : Socle de la Meseta ; 2 : Formations récentes du Guadalquivir ; 3 : Zones où affleurent les nappes du Nord de la province de Cadix ; 4 : Trias (?) de l'Algarve ; 5 : Lias de l'Algarbe ; 6 : Jurassique supérieur de l'Algarbe ; 7 : Crétacé inférieur de l'Algarve ; 8 : Limite de rivages des couches secondaires de l'Algarve ; 9 :

sin de l'Algarve. On y distingue une série de bandes orientées d'Ouest en Est, qui plongent vers le Sud et s'appuient au Nord sur le socle paléozoïque de la Meseta.

Du Nord vers le Sud, on trouve une série argileuse et gréseuse rouge dont l'âge n'est pas fixé avec précision, il s'agit soit de Lias inférieur, soit de Trias. Puis viennent des dolomies liasiques, puis des calcaires du Jurassique supérieur, enfin des marnes du Crétacé inférieur.

Il est intéressant de placer ces affleurements en regard des lignes de côtes que E. PERCONIG (1960-1962) a indiquées pour le Trias, le Lias et le Jurassique supérieur dans le bassin du Guadalquivir. Pour ce dernier, en effet, les limites de ces niveaux secondaires observés en sondages ne sont pas dues à l'érosion, mais marquent les anciens rivages de la mer qui s'étendait à cette époque dans l'Algarve.

Le Prébétique affleure beaucoup plus à l'Est, il a été rencontré aussi dans des sondages, mais seulement à l'Est de Cordoue et les faciès sont très différents de ceux qui ont été rencontrés dans les sondages occidentaux ou de ceux des couches qui affleurent dans le bassin de l'Algarve.

L'autochtone du Nord de la province de Cadix est donc le socle paléozoïque de la Meseta et sa couverture miocène (3). Il faut d'ailleurs rappeler la découverte de blocs de granite (hercyniens ?) emballés dans le Trias subbétique et qui ont été décrits au chapitre III. Il pourrait s'agir de morceaux arrachés au socle lors de l'avancée de la nappe subbétique.

Il est difficile de savoir si le socle possède une couverture sédimentaire car les sondages effectués dans le Nord de la province de Cadix (Chiclana de la Frontera, Medina Sidonia et Bornos), ne l'ont pas atteint, pas plus d'ailleurs que ceux du Sud du Campo de Gibraltar. Il est peu probable (sauf peut-être en bordure de l'Atlantique) qu'il existe des couches secondaires autochtones. Par contre, il est vraisemblable que le Miocène inférieur et moyen rencontrés sous la nappe de Carmona se prolongent vers le Sud. Le Miocène anté-nappe a pu se déposer sur la marge septentrionale d'un bassin dont la partie méridionale recevait les sédiments qui constituent actuellement les moronites. C'est dans ce bassin que se sont avancées les nappes de glissement.

Ce socle paléozoïque et sa couverture d'âge miocène inférieur-moyen doit constituer l'autochtone du Nord de la province de Cadix. Sa profondeur n'a pu être mesurée directement par les sondages et il faut faire appel aux

(3) Avec peut être dans la partie occidentale, une partie de la série sédimentaire de l'Algarve.

mesures géophysiques pour s'en faire une idée. Les résultats de sismique-réfraction (DRAKE et alt. 1958) montrent un approfondissement continu du socle vers le Sud, de telle sorte que le toit doit être aux environs de 2.500 m. près d'El Asperillo et atteint 5.500 m. à Cadix. C'est dans cette profonde fosse que se sont accumulées les nappes de glissement de l'extrémité occidentale des Cordillères bétiques.

III. Étude de la mise en place des nappes du Nord de la province de Cadix

Les unités mises en évidence dans le Nord de la province de Cadix (figure 104) se présentent comme des nappes pelliculaires et n'ont pu progresser que par glissement. Il s'agit d'un empilement d'unités charriées du Sud-Est vers le Nord-Ouest.

La reconstitution des bassins originels semble à première vue relativement simple, il suffit de replacer en arrière chacune de ces unités en commençant par le terme structural le plus élevé et en descendant progressivement jusqu'à l'unité qui forme le soubassement. Or ceci nous amène à des impossibilités et la reconstitution est beaucoup plus délicate à opérer, car il faut tenir compte de l'évolution des différentes unités au cours de leur dépôt, puis de leur déplacement, ainsi que des parentés de faciès qui existent entre elles.

C'est ainsi qu'il est difficile paléogéographiquement de séparer la nappe de l'Aljibe de l'unité de Paterna et de les placer l'une en arrière, l'autre en avant du Subbétique. Cela conduirait à imaginer un deuxième sillon de flysch au Nord du Subbétique (sillon qui se limiterait au Nord de la province de Cadix). L'unité de Paterna et la nappe de l'Aljibe sont séparées actuellement par le Subbétique. Si toutes deux ont la même origine on est alors obligé de considérer que la mise en place des nappes de la province de Cadix s'est faite au moins en deux temps.

Dans un premier temps on peut penser que la nappe de l'Aljibe s'est avancée sur le Pénibétique, le Subbétique et l'unité del Algarrobo, les domaines de sédimentation de ces unités restant alors approximativement à leur place relative.

A la fin de cette phase les unités se trouvent alors dans l'ordre suivant, du Nord au Sud : l'Unité del Algarrobo, les moronites, le Subbétique (s. s.) et le Pénibétique : la nappe de l'Aljibe repose sur l'ensemble de ce domaine

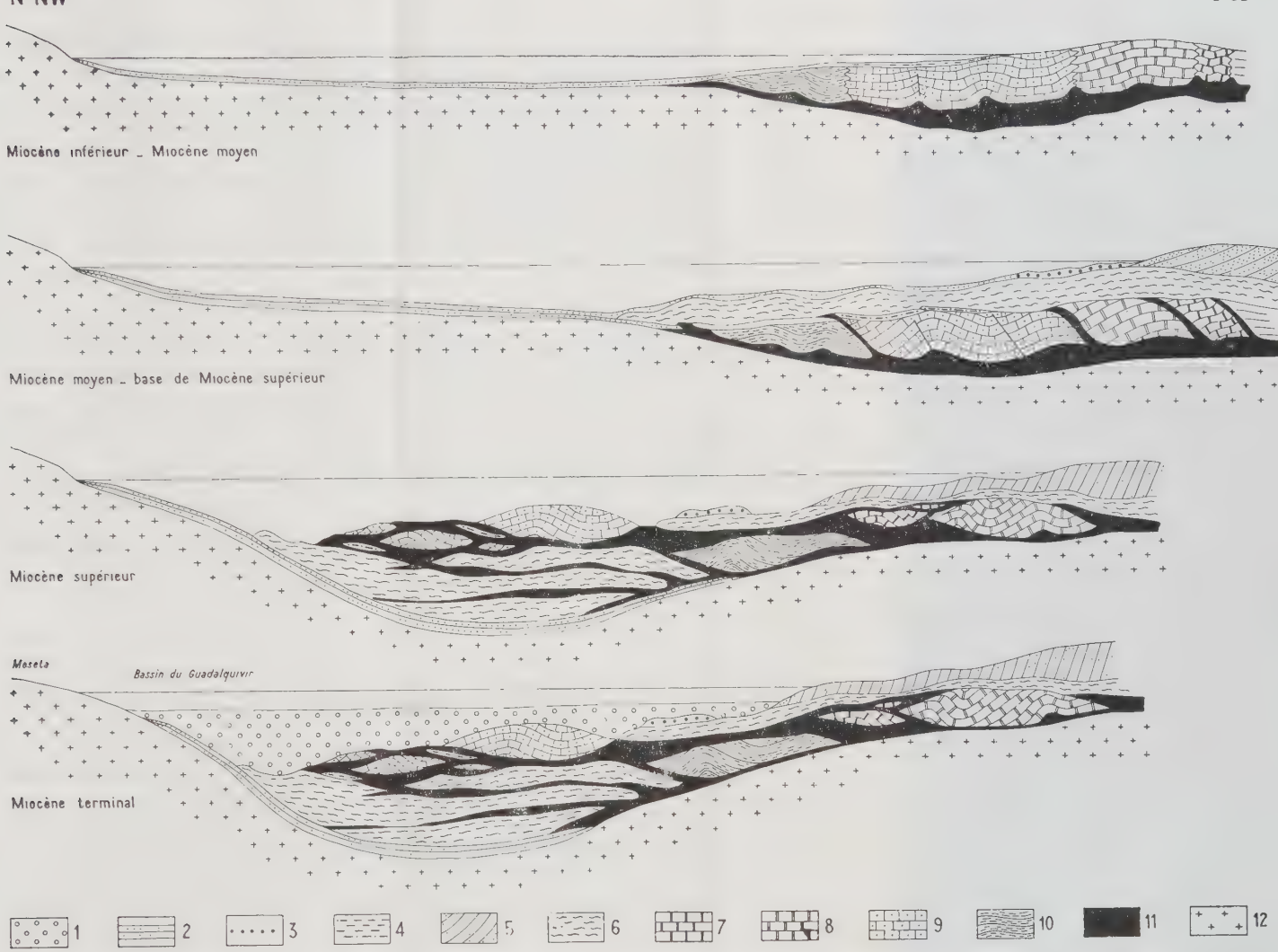


Fig. 104.—Schéma montrant les étapes de la mise en place des nappes affleurant dans le Nord de la province de Cadix.

1 : Miocène terminal-Pliocène ; 2 : Miocène inférieur et moyen transgressif sur le Paléozoïque de la Meseta ; 3 : Miocène de Pájaros ; 4 : "Moronites" ; 5 : Grès de l'Aljibe ; 6 : "Série de base" de la nappe de l'Aljibe ; 7 : Ecailles de Majales et du Fresnillo ; 8 : Pénibétique ; 9 : Subbétique ; 10 : Unité del Algarrobo ; 11 : Trias marno-gypsifère ; 12 : Socle de la Meseta.

Dans le premier stade, se déposent au Nord, les couches du Miocène inférieur et moyen transgressif sur le socle de la Meseta, et au Sud, les moronites sur la partie septentrionale du Subbétique.

Au Miocène moyen, s'avance la nappe de l'Aljibe. Sa base argileuse s'avance plus loin que les grès qui sont démantelés et donnent les dépôts de Miocène de Pájaros.

Au Miocène supérieur, toutes les unités sont remises en mouvement. Les argiles de la série de base, s'accumulent dans la fosse et donnent la nappe de Paterna, chevauchée par les autres unités. On notera que le Subbétique et les écailles de Majales et du Fresnillo dépassent respectivement l'unité del Algarrobo et le Pénibétique.

Au Miocène terminal, une partie des structures est recouverte par les dépôts du Miocène terminal.

externe. Les termes argileux de la série de base de cette nappe se seraient avancés beaucoup plus loin que la masse des grès restée en arrière, la série de base ayant dépassé au moins la zone occupée par le Subbétique.

Dans un deuxième temps, l'ensemble est remis en mouvement, les unités tectoniques s'individualisent et se chevauchent mutuellement. Les argiles de la série de base qui se trouvent en avant sont alors chevauchées par le Subbétique. C'est à partir de ce moment là que l'on peut parler de l'"unité de Paterna".

Le glissement a pu se poursuivre pendant un certain temps au cours duquel chacune des unités s'est probablement déplacée d'une manière indépendante : en particulier, chacune d'elles a pu se scinder en divers tronçons longitudinaux et transversaux. En effet, le Nord de la province de Cadix se trouve dans une zone de courbure et à l'extérieur de celle-ci l'espace offert en avant de la zone de déplacement est nécessairement plus grand que la surface de la masse en mouvement (4). C'est une des raisons pour laquelle les unités du Nord de la province de Cadix présentent cet aspect chaotique.

IV. Datation de la mise en place des unités

Il est difficile de parler de l'âge de mise en place pour des nappes de glissement, surtout lorsque celle-ci ne s'est pas faite en une seule fois, et que seuls s'observent les effets de la plus récente phase tangentielle (5). Aussi tenterons nous de dater la mise en place de cette dernière et à partir de là de remonter dans le temps pour essayer de saisir la trace d'autres mouvements.

---

(4) J. AUBOUIN (1965) a discuté du problème des courbures des chaînes méditerranéennes et évoqué le problème des périmètres, en particulier dans le cas d'une courbure péri-interne (comme c'est le cas dans la courbure de Gibraltar) qui doit se traduire par un grand désordre tectonique.

(5) Il faut aussi ajouter que toute cette région ainsi que les zones plus septentrionales du bassin du Guadalquivir (les sondages l'ont confirmé) se présentent dans un état de très grand désordre. Pour la clarté de l'exposé et pour permettre d'établir une cartographie correcte, il a souvent été nécessaire de regrouper dans des colonnes stratigraphiques continues des fragments de série apparaissant dans des paquets disjoints tectoniquement. Il ne faut pas penser à des nappes bien réglées, mais à l'engloutissement de blocs ou de lambeaux disjoints dans un bassin marin. (Note ajoutée en cours d'impression.)

Les terrains post-orogéniques qui cachètent les nappes sont datés dans le Nord de la province de Cadix par des microfaunes du Miocène terminal (Tortonien supérieur et Andalousien de E. PERCONIG).

La mise en place des nappes s'est donc achevée avant ou au plus tard au moment du dépôt des niveaux du Miocène terminal.

La limite inférieure peut être estimée par l'âge des couches les plus récentes qui sont présentes à l'intérieur des nappes. Dans le Subbétique la sédimentation s'est poursuivie d'une manière certaine jusqu'au Miocène inférieur, et même jusque dans le Miocène moyen si l'on y rapporte les moronites. Les grès de l'Aljibe montent certainement aussi dans l'Aquitanien et peut-être dans le Burdigalien. Quant aux molasses de los Pájaros, qui résultent du démantèlement de la nappe de l'Aljibe et sont charriées avec elle, leurs microfaunes permettent de leur attribuer un âge miocène moyen à miocène supérieur basal.

Ces éléments permettent de dater les deux dernières phases de la mise en place des nappes de l'Ouest des Cordillères bétiques.

La phase la plus ancienne, celle qui a d'abord fait avancer la nappe de l'Aljibe sur les autres domaines, s'est produite avant le dépôt du Miocène de los Pájaros (Miocène moyen-Miocène supérieur basal), elle est d'autre part postérieure au Burdigalien puisque les grès de l'Aljibe sont au moins aussi récents. C'est dire que cette première phase s'est produite probablement au Miocène moyen.

La dernière phase tangentielle, celle qui a donné à l'édifice structural du Nord de la province de Cadix, son aspect actuel, est donc comprise entre un certain niveau du Mioène supérieur (postérieur au dépôt des molasses de los Pájaros) et le Miocène terminal (base des couches post-orogéniques).

Le mise en place des différentes nappes du Nord de la province de Cadix n'a donc pas été instantanée. Les datations qui viennent d'être données, permettent de connaître l'âge des deux dernières phases qui se sont produites dans cette zone (Miocène moyen et Miocène supérieur). Bien entendu elles ne concernent que les unités externes et les flyschs. Dans les zones internes, les nappes ont pu se mettre en place bien avant. Nous avons déjà traité de ce problème (P. CHAUVE, J. DIDON, J. MAGNÉ et Y. PEYRE, 1965) et pensé que dans l'Ouest des Cordillères bétiques, les unités internes avaient pu se mettre en place au plus tard à l'Oligocène. Plus à l'Est, F. FERNEX a pu montrer que le contact entre les zones externes et internes était cicatrisé par l'Aquitanien : plus récemment encore, J. PAQUET (1966) a mis en évidence de l'Auversien transgressif à la fois sur la nappe de Málaga et sur le Subbétique méridional.

Ce n'est que d'une manière indirecte, par leurs échos, que, dans la zone étudiée (zone externe), on peut avoir une idée des phases qui ont affecté les zones internes. Par exemple la sédimentation des grès du flysch du Tithonique-Crétacé inférieur (unité de los Nogales et de Camarote), la présence de conglomérats dans le Crétacé supérieur et dans l'Eocène de la série de base de l'Aljibe ou bien encore l'accumulation des grès de l'Aljibe à la fin de l'Oligocène marquent peut-être des pulsations liées à des phases affectant les zones internes. L'arrivée d'éléments détritiques à certaines époques dans le domaine externe leur est peut-être aussi liée.

V. Problèmes paléogeographiques, place du Nord de la province de Cadix dans l'édifice structural des Cordilléres bétiques

Il reste maintenant à replacer les différentes unités décrites dans le cadre plus général des Cordillères bétiques. Cela revient à comparer les unités décrites avec le reste de la chaîne en direction de l'Est et avec le Rif vers le Sud, par l'intermédiaire du Campo et du détroit de Gibraltar. Il se pose alors le problème de la continuité des zones externes et celui de l'origine des flyschs.

1. Le Subbétique et sa liaison vers l'Est.

L'allure chaotique du Subbétique (s. s.) de l'extrémité occidentale des Cordillères bétiques n'exclut pas sa continuité vers l'Est, dans des zones où il est moins fragmenté. Les différences de faciès observées entre la région d'Alcalá de los Gazules et Grazalema ne sont pas non plus fondamentales. Il n'y a pas une très grande différence entre les calcaires argileux du Jurassique de Las Cabras et ceux du Jurassique marneux de la Serranía de Grazalema ou de la région d'Antequera. Le reste de la série (Crétacé et Tertiaire) est aussi très semblable dans ces mêmes régions.

Le Pénibétique garde des faciès constants depuis le Campo de Gibraltar jusqu'à l'Est d'Antequera.

Les deux zones (Subbétique et Pénibétique) se suivent bien vers l'Est et se trouvent toutes deux dans une position analogue à celle qu'elles occupent dans des zones plus orientales. Par contre vers le Sud, elles se perdent dans ou au Sud du Campo de Gibraltar.

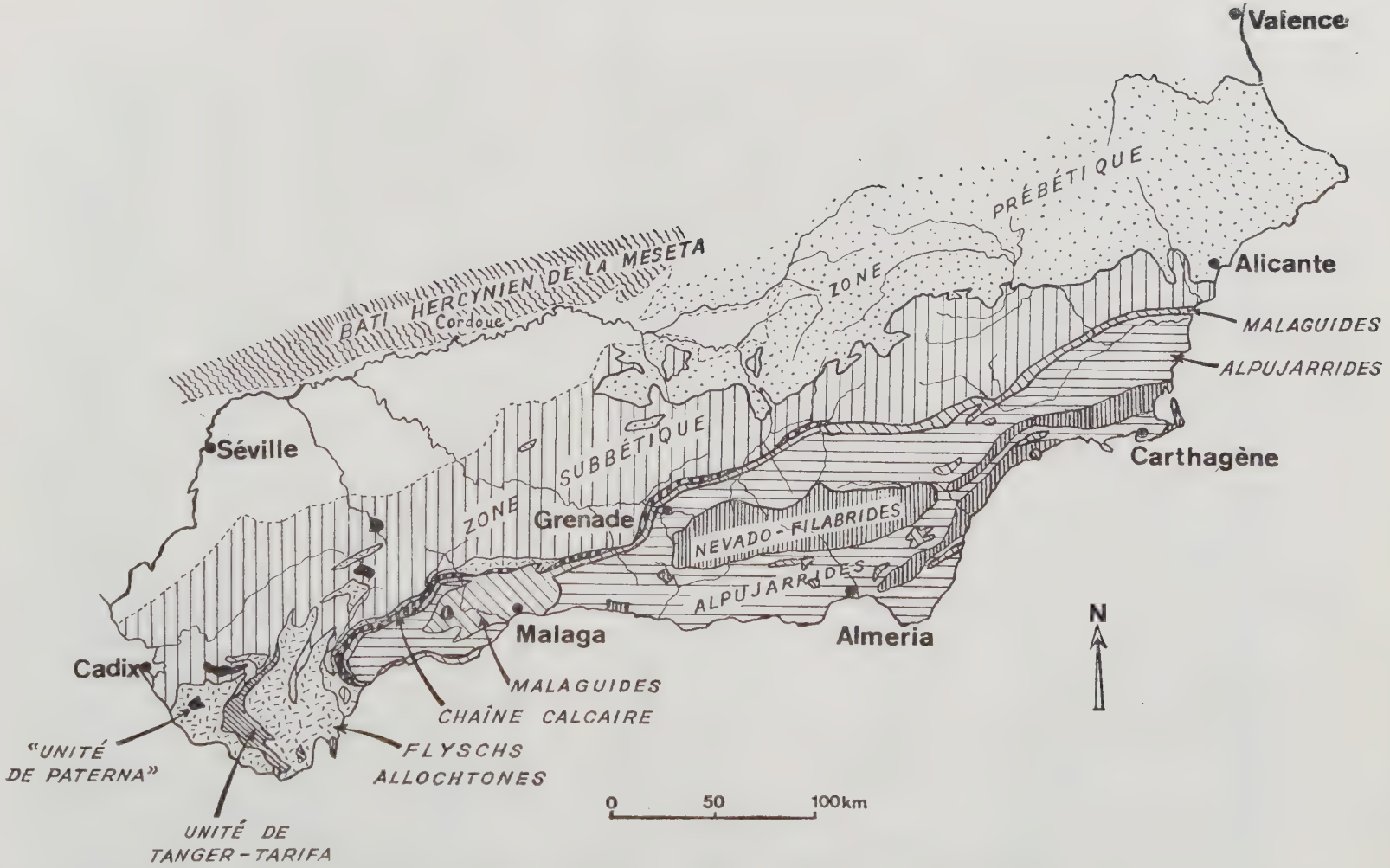


Fig. 105.—Schéma géologique des Cordillères bétiques. (M. DURAND-DELCA, 1966, inspiré de P. FALLOT et enrichi des dernières données apportées depuis 1956.)

2. L'unité del Algarrobo et la liaison vers le Sud (détroit de Gibraltar).

L'unité del Algarrobo se poursuit un peu vers l'Est, mais ne doit pas dépasser la région de Ronda. Vers le Sud, elle se poursuit certainement dans la région d'Almarchal et pourrait traverser le détroit de Gibraltar pour se relier à la partie orientale du "Sénonien de Tanger", parautochtone du Rif externe (zone intra-rifaine).

Ce passage éventuel de l'unité del Algarrobo dans le Nord du Maroc montre qu'au Crétacé des similitudes de faciès existaient entre les Cordillères bétiques et les chaînes d'Afrique du Nord. Ce n'est d'ailleurs pas la seule unité qui offre ce caractère : de nombreux auteurs ont établi des corrélations entre les unités qui affleurent d'une rive à l'autre du détroit.

Déjà L. Gentil, au début du siècle avait pensé que les charriages du Rif pouvaient se poursuivre dans les Cordillères bétiques (L. Gentil, 1918). Récemment M. Durand Delga (1966) a évoqué les rapports géologiques qui existent entre le Maroc et l'Espagne, en notant les correspondances suivantes :

— Alpujarrides d'Espagne : Sebtides du Maroc.
— Malaguides et Ghomarides.
— Chaîne calcaire du Maroc retrouvée en Andalousie.
— Flyschs allochtones des deux côtés du détroit.
— Ensemble pénibétique-subbétique d'Espagne dont l'extrémité passe au Maroc.
— Zone intra-rifaine : unité d'Almarchal et del Algarrobo.

Il y aurait donc correspondance entre les deux rives du détroit de Gibraltar. Le passage d'un continent à l'autre se fait d'une manière presque parfaite pour les zones internes ; pour les zones externes, des relais paléogéographiques s'opèrent. Ainsi cette torsion paléogéographique et tectonique au niveau du détroit de Gibraltar marque le bouclage occidental du système alpin. Pour M. Durand Delga (1966, fig. 2) les phénomènes observés peuvent trouver leur explication dans un appel de matière (succion) qui se serait produit le long de la limite entre zones externes et internes.

L. Glangeaud se place à un autre point de vue. Dans ses synthèses (L. Glangeaud, 1951, 1956, 1962, 1966), il fait intervenir les relations qui existent entre les socles profonds : les cratons africains et européens. Pour lui, au cours du Secondaire, un hiatus plus ou moins large s'étendait entre les deux socles. De part et d'autre de ce hiatus existaient des dépôts

présentant une certaine similitude dans les faciès. Les données récentes de la Géologie sous-marine (Géomède I) montrent d'ailleurs la complexité de ce hiatus qui dès le début du Secondaire a pu se fragmenter en compartiments parallèles, ayant un aspect assez homogène, avec à la base, un Trias commun supportant les autres terrains.

Cet ensemble aurait subi une série de phases tectoniques entre le Lias et l'Eocène supérieur comme cela a lieu dans d'autres parties de la Méditerranée occidentale. Ce n'est probablement qu'à la fin de l'Eocène, que tout cet ensemble s'est trouvé fortement comprimé entre les deux blocs et a subi un double écoulement (tectorogène médian figuré dès 1956 et modifié en 1961).

Pour L. GLANGEAUD, une dernière série de phases de compression s'est produite depuis l'Oligocène jusqu'au Miocène terminal. Au cours des dernières phases d'âge miocène se seraient produits les derniers grands glissements vers le Nord et vers le Sud depuis la mer d'Alborán et du centre vers l'Ouest dans la région du détroit de Gibraltar. C'est ainsi que se serait dessinée une pseudo-courbure superposée aux symétries antérieures, masquant ainsi le hiatus qui sépare le Primaire malagais du Primaire du Rif.

3. LE PROBLÈME DES FLYSCHS.

Les nappes, mises en évidence dans le Nord de la province de Cadix se répartissent en deux grands ensembles. Le premier, le domaine externe (unité del Algarrobo, moronites, Subbétique et Pénibétique) comporte des faciès essentiellement calcaires et marneux qui ont été charriés vers le Nord, mais sont restés généralement à leur place relative. Par contre dans le deuxième ensemble, on rencontre des unités de type flysch qui se sont déposées dans un autre bassin de sédimentation plus méridional.

Dans le Nord de la province de Cadix, seule affleure la nappe de l'Aljibe (et son équivalent l'unité de Paterna). La nappe de l'Aljibe couronne l'édifice structural et repose sur les autres unités, en particulier sur l'unité externe la plus méridionale : le Pénibétique. Elle a donc une origine au moins ultra-pénibétique. Vers l'Est dans le corridor de Boyar d'autres unités du flysch s'intercalent entre le Pénibétique et la nappe de l'Aljibe. Leur origine peut donc être recherchée au Sud des zones externes et en avant du bassin de sédimentation de la nappe de l'Aljibe.

Le problème consiste donc à savoir si les nappes du flysch proviennent de la bordure méridionale du bassin de sédimentation des zones externes ou bien si leur origine doit être recherchée dans une zone plus interne.

Les observations que j'ai pu faire dans le Nord de la province de Cadix ne permettent pas de trancher, toutes les unités étant allochtones. Le seul élément positif procède des analogies de faciès qui existent entre le Mésozoïque et le Tertiaire des écailles de Majales et du Fresnillo et de certaines nappes du flysch du Campo de Gibraltar (unités d'Argueles, d'Algésiras...) et laisse supposer que certaines nappes du flysch ont pu se déposer à une distance relativement faible du bassin de sédimentation de ces écailles, qui, rappelons le, ont dû se déposer au Sud du Pénibétique.

Notons cependant que si le contact entre zones externes et internes s'est cicatrisé au début de l'Eocène, comme c'est le cas plus à l'Est (J. PAQUET, 1966), on peut concevoir qu'une sédimentation de type flysch ait pu se déposer à la fois sur le Pénibétique et la nappe de Malaga rapprochées tectoniquement à cette époque.

On aurait ainsi une explication de la similitude des faciès de l'Oligocène de la nappe de Malaga et de ceux de même âge du Pénibétique (à cette époque les zones internes pouvaient être assez dénudées pour alimenter ce bassin en éléments détritiques). L'unité de flysch d'Ubrique qui présente beaucoup d'analogie avec la nappe d'Algésiras a pu d'ailleurs se sédimenter dans une zone assez proche, mais pour la nappe de l'Aljibe. il faut rechercher une origine encore plus méridionale.

Toutefois il n'est pas certain que l'Ouest et l'Est des Cordillères bétiques aient eu une évolution similaire dans le temps et en inversant le raisonnement on pourrait imaginer que dans l'Ouest de la chaîne, le rapprochement entre les zones internes et les zones externes s'est fait plus tardivement, expliquant ainsi qu'à l'Ouest il y ait eu la place pour un bassin de sédimentation du flysch qui n'existait plus à l'Est dans la région où les nappes internes étaient déjà en contact tectonique avec le domaine externe.

Mañana dirán...

BIBLIOGRAPHIE

LISTE DES PRINCIPALES ABRÉVIATIONS

Bol. Inst. Geol. y Min. España :	Boletín del Instituto Geológico y Minero de España.
Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat. :	Boletín de la Real Sociedad de Historia Natural. Madrid.
B. S. G. F. :	Bulletin de la Société géologique de France. Paris.
Bull. Serv. Carte géol. Algérie :	Bulletin du Service de la Carte géologique d'Algérie. Alger.
Bull. Serv. Inf. Géol. B. R. G. M. :	Bulletin du Service d'information géologique du Bureau de Recherches géologiques et minières. Paris.
C. R. Ac. Sc. :	Comptes Rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des Sciences. Paris.
C. R. somm. S. G. F. :	Comptes Rendus sommaires de la Société géologique de France. Paris.
Ecl. geol. Helv. :	Eglocae geologicae Helvetiae. Basel.
Est. geol. :	Estudios geológicos. Madrid.
Geol. Jb. :	Geologisches Jahrbuch. Hannover.
Geol. Mijn. :	Geologie en Mijnbouw. Amsterdam.
Geol. Rundsch. :	Geologische Rundschau. Stuttgart.
Journal Pal. :	Journal of Paleontology. Tulsa.
Mém. Acad. Sc. :	Mémoires de l'Académie des Sciences. Paris.
Not. Com. Inst. Geol. y Min. España :	Notas y Comunicaciones del Instituto Geológico y Minero de España. Madrid.
N. Jb. Geol. Pal. Mh. :	Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie. Monatshefte. Stuttgart.
Quart. Journ. :	Quarterly Journal of the Geological Society of London. London.
Rend. Acc. Lincei :	Rendiconti della Accademia nazionale dei Lincei. Roma.
Rev. Geofis. I. N. G. :	Revista de Geofísica. Madrid.
Rev. Géogr. phys. Géol. dyn. :	Revue de Géographie physique et de Géologie dynamique. Paris.
Rev. Micropal. :	Revue de Micropaléontologie. Paris.
S. G. F. :	Société Géologique de France. Paris.

ALASTRUÉ (E.), 1944: "Bosquejo geológico de las Cordilleras Subbéticas entre Iznalloz y Jaén".—*Publ. Cons. Sup. Inv. Cient.*, 159 p., 34 fig., 21 pl., 1 carte. Madrid.

ALASTRUÉ (E.), 1945: "Sobre la presencia del Lías al Oeste de la Sierra de Líjar (Cádiz)".—*Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat.*, XLIII, p. 515-516.

ALASTRUÉ (E.), 1948: "Estructura de las Cordilleras Subbéticas en su sector central".—*Est. geol.*, IV, n.° 8, p. 243-281, 9 fig.

ALASTRUÉ (E.), 1949: "Las unidades estructurales de las Cordilleras Béticas según los estudios del Dr. Blumenthal".—*Bol. Inst. Geol. y Min. de España*, LXII, p. 205-271, 7 fig.

ALASTRUÉ (E.), 1956: "Las Cordilleras Béticas. El Cretáceo en España".—*Mem. Instituto Geol. y Min. de España*, LXVII, p. 301-322.

ALASTRUÉ (E.) et HERNÁNDEZ DE GARNICA, 1947: "La estructura de la Sierra del Tablón (Sevilla)".—*Not. Com. Inst. Geol. y Min. de España*, n.° 17, p. 13.

ALONSO RODRÍGUEZ (J.), 1952: "Geología de la provincia de Cádiz".—*Bol. R. Sociedad Esp. Hist. Nat.*, L, p. 221-261.

AUBOUIN (J.), 1961: "Propos sur l'orogénèse".—*Bull. Serv. Inf. Géol. B. R. G. M.*, n.° 52 et 53, 56 p., 27 fig.

AUBOUIN (J.), 1965: "Réflexion sur le problème du raccourcissement en tectonique". *Bull. Serv. Inf. Géol. B. R. G. M.*, n.° 68, 19 p.

AZÉMA (J.), 1961: "Etude géologique des abords de Málaga (Espagne)".—*Est. geol.*, XVII, p. 131-160.

AZÉMA (J.), 1965: "Sur l'existence d'une zone intermédiaire entre Pénibétique et Subbétique dans les provinces d'Alicante et de Murcie (Espagne)".—*C. R. Ac. Sc.*, t. 260, p. 4020-4023.

BARROIS (CH.) et OFFRET (A.), 1889: "Mémoire sur la constitution géologique du Sud de l'Andalousie, de la Sierra Tejada à la Sierra Nevada". — *Mission d'Andalousie Mém. Acad. Sc.*, XXX, p. 79-167.

BERGERON (J.), 1909: "Sur l'âge de la formation du détroit de Gibraltar".—*B. S. G. F.* (4), IX, p. 228-229.

BERTRAND (M.), 1885: "Note sur l'Andalousie".—*B. S. G. F.* (3), XIII, p. 474-476.

BERTRAND (M.), et KILIAN (W.), 1889: "Etude sur les terrains secondaires et tertiaires dans les provinces de Grenade et Málaga".—*Mission d'Andalousie. Mém. Ac. Sc.*, XXX, p. 377-569.

BLUMENTHAL (M.), 1927: "Zum Bauplan betischer und penibetischer Decken im Norden der Provinz Málaga".—*Geol. Rundsch.*, XVIII, p. 37-45.

BLUMENTHAL (M.), 1927: "Versuch einer tektonischen Gliederung der betischen Cordilleren von Central —und Südwest— Andalusien".—*Ecl. geol. Helv.*, XX, p. 487-532.

BLUMENTHAL (M.), 1929: "Uber das Alter der ersten postorogenetischen Sedimente in den westlichen betischen Kordilleren und die dadurch festgelegte Hauptphase der Gebirgsbildung".—*Geol. Rundsch.*, XX, p. 205-210.

BLUMENTHAL (M.), 1933: "Geologie der Berge um Ronda (Andalousien)".—*Ecl. geol. Helv.*, XXVI, p. 44-92.

BLUMENTHAL (M.), 1934: "Die Grenzverhältnisse zwischen sub-und penibetischer Zone im Grenzgebiet der Provinzen Málaga, Sevilla und Cádiz (Strecke Almargen-Olvera)".—*Ecl. geol. Helv.*, XXVII, p. 147-180.

BLUMENTHAL (M.), 1935: "Allure de la tectonique locale et définition du "double pli" Gaditan (Andalousie)".—*B. S. G. F.* (5), II, p. 659-686.

BLUMENTHAL (M.), 1936: "Le matériel stratigraphique du "double pli" Gaditan".—*B. S. G. F.* (5), IV, p. 511-537.

BLUMENTHAL (M.), 1937: "Sur l'interprétation tectonique du "double pli" gaditan".—*B. S. G. F.* (5), V, p. 9-25.

BLUMENTHAL (M.), 1949: "Estudio geológico de las cadenas costeras al Oeste de Málaga, entre el río Guadalhorce y el río Verde".—*Bol. Inst. Geol. y Minero de España*, LXII, 193 p., pl. en coul.

BONELL (J.) et ESTEBAN CARRASCO (L.), 1953: "Resultados provisionales del estudio del carácter sísmico de la falla del Guadalquivir".—*Inst. Geogr. y Catastr.* Madrid.

BOULIN (J.), 1962: "Sur les Alpujarrides occidentales et leurs rapports avec la nappe de Málaga (Andalousie méridionale).—*B. S. G. F.* (7), IV, p. 384-389.

BOURCART (J.), 1935: "Le Quaternaire marin dans le golfe de Cadix".—*C. R. Ac. Sc.*, t. 201, p. 1493-1495.

BRINKMANN (R.), 1931: "Betikum und Keltiberikum in Südostspanien".—*Beitr. Geol. West. Med. Gebiete*, n.° 6, p. 749-855.

BRINKMANN (R.), 1932: "Zum Problem der betischen Vortiefe".—*Geol. Rundsch.*, XXIII, p. 81-88, 4 fig.

BRINKMANN (R.), 1933: "Sobre el problema de la Fosa bética".—*Bol. Soc. Geogr. Nac.*, ser. B, n.° 24, p. 386-399, 3 fig. 13 pl.

BRINKMANN (R.) et GALLWITZ (H.), 1933: "Der betische Aussenrand in Süd-Ostspanien".—*Abh. Ges. Wiss. Göttingen*, math-phys. Kl., 3, Heft 8, p. 1-95.

BROUWER (H. A.), 1926: "Zur Tektonik der betischen Kordilleren".—*Geol. Rundsch.*, XVII, p. 331-336.

BUSNARDO (R.), 1960: "Aperçu sur le Prébétique de la région de Jaén (Andalousie)".—*B. S. G. F.* (7), II, p. 324-329.

BUSNARDO (R.), 1960-1962: "Regard sur la géologie de la région de Jaén (Andalousie)".—*Livre Mém. Paul Fallot*, mém. hors-série S. G. F., I, p. 189-198.

BUSNARDO (R.), 1964: "Hypothèses concernant la position des unités structurales et paléogéographiques de la transversale Jaén-Grenade (Andalousie)".—*Geol. Mijn.*, 43, p. 264-267.

BUSNARDO (R.) et CHENEVOY (M.), 1962: "Dolérites intrusives dans le Lias et le Dogger d'Andalousie; leurs différenciations pegmatitiques alcalines et auréoles de métamorphisme".—*B. S. G. F.* (7), IV, p. 461-470.

BUSNARDO (R.) et FONTBOTÉ (J. M.), 1958: "Le chevauchement du Subbétique au Sud de Jaén".—*C. R. Ac. Sc.*, t. 247, p. 1366-1368.

CAIRE (A.), 1957: "Etude géologique de la région des Biban".—*Bull. Serv. Carte géol. Algérie*, n.° 16, 818 p.

CAIRE (A.) et GRAVELLE (M.), 1956: "Etude de quelques roches ophitiques de la région des Biban".—*Bull. Serv. Carte géol. Algérie*, n.° 13, p. 125-138.

CALDERÓN Y ARANA (S.), 1878: "L'ophite d'Espagne".—*Arch. Sc. Phys. Nat. Genève*, LXIV, p. 353-357.

CALDERÓN Y ARANA (S.), 1890: "Edad geológica de los terrenos de Morón de la Frontera".—*Bol. Inst. Geol. y Min. de España*, XVII, p. 235-239, 1 fig.

CALDERÓN Y ARANA (S.), 1890: "La región epigénica de Andalucía y el origen de sus ofitas".—*Bol. Com. Mapa Geol. España*, XVII, p. 500-526, 4 fig.

CALDERÓN Y ARANA (S.), 1892: "Nota sobre la edad del Peñón de Gibraltar".—*Act. Soc. Esp. Hist. Nat.*, XXI, p. 69.

CALDERÓN Y ARANA (S.), 1893: "Estructura del terreno terciario del Guadalquivir en la provincia de Sevilla".—*Bol. Com. Mapa Geol. Esp.*, XX, p. 313-318.

CALDERÓN Y ARANA (S.), 1893: "Movimientos pliocénicos y postpliocénicos en el valle del Guadalquivir".—*An. Soc. Esp. Hist. Nat.*, XXII, p. 5-18.

CALDERÓN Y ARANA (S.), 1895: "Algunas observaciones sobre las arcillas del valle del Guadalquivir".—*Act. Soc. Esp. Hist. Nat.*, XXIV, p. 3-6.

CALDERÓN Y ARANA (S.) y PAÚL (M.), 1896: "La moronita y los yacimientos diatomeceos de Morón".— *An. Soc. Esp. Hist. Nat.*, XV, p. 477-493.

CARBONELL Y TRILLO-FIGUEROA (A.), 1927: "Contribución al estudio de la geología y de la tectónica andaluza".—*Bol. Inst. Geol. y Min. de España*, XLIX, p. 81-215.

CARBONELL Y TRILLO-FIGUEROA (A.), 1926: "La línea tectónica del Guadalquivir".—*XIV Congr. Geol. Intern.*, Excursión A-4, p. 1-201.

CHAUVE (P.), 1960: "Etude de quelques affleurements jurassiques de la région d'Alcalá de los Gazules (province de Cadix, Espagne)". — *B. S. G. F.* (7), II, p. 345-351.

CHAUVE (P.), 1960-62: "Structure géologique de la région centrale de la province de Cadix (Espagne)".—*Livre Mém. Paul Fallot*, Mém. hors-série S. G. F., I, pág. 257-264.

CHAUVE (P.), 1961: "Sur l'extension de l'unité de Paterna dans le Nord-Ouest de la province de Cadix (Cordillères bétiques)". — *C. R. somm.* S. G. F., p. 271-272.

CHAUVE (P.), 1962: "La unidad de Paterna en el Norte de la provincia de Cádiz".—*Not. Com. Inst. Geol. y Min. de España*, n.° 67, p. 103-108.

CHAUVE (P.), 1963: "Sur la signification et l'origine de l'unité de Paterna (province de Cadix, Espagne)".—*C. R. somm. S. G. F.*, p. 83-84.

CHAUVE (P.), 1964: "Sobre el significado de la unidad de Paterna (provincia de

Cádiz, España)".—*Not. y Com. Inst. Geol. y Min. de España,* n.° 73, páginas 201-204.

CHAUVE (P.), 1965 : "Découverte d'une faune du Muschelkalk dans le Trias du Corridor de Boyar (province de Cadix, Espagne)". — *C. R. Ac. Sc.,* t. 260, p. 237-239.

CHAUVE (P.), 1966 : "Observations à la note de MM. Durand Delga et P. Lespinasse : Le Miocène des Beni-Issef (Rif septentrional) et ses rapports avec la nappe numidienne".—*C. R. somm. S. G. F.,* p. 323.

CHAUVE (P.) et DIDON (J.), 1960 : "Rapports entre les zones subbétiques et le Flysch à l'Est d'Alcalá de los Gazules (province de Cadix, Espagne méridionale)".—*C. R. Ac. Sc.,* t. 251, p. 752-754.

CHAUVE (P.) et DIDON (J.), 1961 : "Estudios de algunos cortes en el límite de las zonas subbéticas y el Flysch al Este de Alcalá de los Gazules (provincia de Cádiz)".—*Not. Com. Inst. Geol. y Min. de España,* n.° 61, p. 177-192.

CHAUVE (P.), DIDON (J.), MAGNE (J.) et PEYRE (Y.), 1964 : "Mise au point sur l'âge des phénomènes tectoniques majeurs dans les Cordillères bétiques occidentales".—*Geol. Mijn.,* 43, p. 273-276.

CHAUVE (P.) et HOPPE (P.), 1962 *a* : "Sur l'existence d'affleurements de l'unité de Paterna dans la région d'El Bosque-Zahara (province de Cadix, Espagne).—*C. R. Ac. Sc.,* t. 255, p. 330-332.

CHAUVE (P.) et HOPPE (P.), 1962 *b* : "Nouvelles données stratigraphiques et tectoniques sur le corridor de Boyar (province de Cadix, Espagne)".—*B. S. G. F.* (7), IV, p. 303-310.

CHAUVE (P.) et HOPPE (P.), 1963 : "Nuevos datos estratigráficos y tectónicos sobre el corrimiento de Boyar (provincia de Cádiz, España)".—*Not. Com. Inst. Geol. y Min. de España,* n.° 72, p. 227-238.

CHAUVE (P.), MAGNE (J.) et SIGAL (J.), 1966 : "Stratigraphie de l'unité del Algarrobo (province de Cadix, Espagne)".—*C. R. somm. S. G. F.,* p. 227.

CHAUVE (P.) et PEYRE (Y.), 1966 : "Sur l'extension de l'unité de Paterna et du "Subbétique à Jurassique marneux" dans la région de la Sierra del Tablón (province de Séville, Espagne)".—*C. R. somm. S. G. F.,* p. 229.

COLOM (G.), 1951 : "Estudio sobre las microfaunas de algunas cuencas marinas internas mio-pliocénicas de la Cordillera Subbética".—*Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat.,* XLIX, p. 157-191.

COLOM (G.), 1952 : "Aquitanian - Burdigalian deposits of the North Betic strait, Spain".—*Journ.* Pal., XXVI, p. 867-885.

COLOM (G.) et GAMUNDI (J.), 1951 : "Sobre la extensión e importancia de las "moronitas" a lo largo de las formaciones aquitano-burdigalienses del Estrecho Nort-Bético".—*Est. geol.,* VII, n.° 14, p. 331-335.

COLOM (G.) et RANGHEARD (Y.), 1966 : "Les couches à Protoglobigérines de l'Oxfordien supérieur de l'île d'Ibiza et leurs équivalents à Majorque et dans le domaine subbétique".—*Rev. Micropal.,* IX, p. 29-36, 2 pl.

Congreso Geológico Internacional (XIV). Madrid, 1926: Estrecho de Gibraltar-Jerez-Tarifa-Algeciras-Norte de Marruecos, p. 7-256.

Congreso Geológico Internacional (XIV). Madrid, 1926: Excursión A-5. De Sierra Morena a Sierra Nevada (Reconocimiento orogénico de la región bética), p. 1-142.

De Booy (T.) and Egeler (C. G.), 1961: "Remarks on the tectonic position of the Betic of Málaga in SE. Spain and its relations to the Subbetic".—*Geol. Mijn.*, 40, p. 79.

Didon (J.), 1960: "Le Flysch gaditan au Nord et au Nord-Est d'Algésiras (province de Cadix)".—*B. S. G. F.* (7), II, p. 352-361.

Didon (J.), 1961, *a*: "Le Lias marno-calcaire des environs de Gaucín (Espagne méridionale)".—*Not. Com. Inst. Geol. y Min. de España*, n.° 61, p. 41-50.

Didon (J.), 1961, *b*: "Existence d'un Flysch oligo-miocène dans l'unité d'Argüelles (région d'Estepona, prov. de Málaga, Espagne)".—*C. R. somm. S. G. F.*, p. 284-285.

Didon (J.), 1960-1962: "Les unités ultra-bétiques de la zone du Flysch gaditan au Nord et au Nord-Est d'Algésiras (Schéma tectonique et interprétation paléogéographique)".—*Livr. Mém. Paul Fallot*, Mém. hors-série S. G. F. I., p. 265-272.

Didon (J.), 1964: "Présence de Miogypsinidés à la base des grès de l'Aljibe (Espagne méridionale)".—*C. R. somm. S. G. F.*, p. 32-34.

Didon (J.), 1966: "Styles tectoniques de l'unité de l'Aljibe au Nord du détroit de Gibraltar (Espagne méridionale)".—*B. S. G. F.*, VIII, p. 521-526, 2 fig.

Didon (J.) et Durand Delga (M.), 1959: "Existence d'un Flysch marno-gréseux du Tithonique-Néocomien au Nord de Gibraltar (Espagne méridionale)".—*C. R. Ac. Sc.*, t. 248, p. 2779-2781.

Didon (J.), Durand Delga (M.), Fontboté (J. M.), Magne (J.) et Peyre (Y.), 1961: "El Oligoceno superior del Bético de Málaga (Andalucía)".—*Not. y Com. Inst. Geol. y Min. de España*, n.° 61, p. 115-130.

Didon (J.) et Peyre (Y.), 1964: "Sur deux dispositifs tectoniques remarquables dans les Cordillères bétiques à l'Ouest du méridien de Málaga (Andalousie)".—*C. R. Ac. Sc.*, t. 259, p. 1988-1991.

Diener (C.), 1919: "Nachträge zur Kenntniss der Nautiloïdumfauna der Hallstätter".—*Denkschr. Akad. Wiss. Wien*, naturw. Kl., 96, p. 751-778.

Douvillé (R.), 1903: "Sur la géologie de l'Andalousie". — *B. S. G. F.* (4), III, p. 620-621.

Douvillé (R.). 1904: "Sur les Préalpes subbétiques au Sud du Guadalquivir".—*C. R. Ac. Sc.*, t. 139, p. 894-896.

Drake (C. L.), Gaibar-Puertas (C.), Nafe (J. E.) et Langseth (H.), 1959: Estudios de prospección sísmica por refracción en el Golfo de Cádiz".—*Rev. Geofís. I. N. G.*, XVIII, n.° 70.

Dubar (G.) et Peyre (N. et Y.), 1960: "Observations nouvelles sur le Jurassique

inférieur et moyen dans les Cordillères bétiques sur la transversale de Málaga".—*B. S. G. F.* (7), II, p. 330-339.

DUPUY DE LÔME (E.) et MILÁNS DEL BOSCH (J.), 1918: "Los terrenos secundarios del Estrecho de Gibraltar".—*Bol. Inst. Geol. y Min. de España*, XXXIX, p. 561-570, 2 pl.

DURAND DELGA (M.), 1955: "Etude géologique de l'Ouest de la chaîne numidique". *Bull. Serv. Carte Géol. Algérie* (2), n.° 24

DURAND DELGA (M.), 1960, *a*: "Introduction à la séance sur les Cordillères bétiques". *B. S. G. F.* (7), II, p. 263-266.

DURAND DELGA (M.), 1960 *b*: "Le sillon géosynclinal du Flysch tithonique néocomien en Méditerranée occidentale".—*Rend. Acc. Lincei*, ser. VIII, XXIX, fasc. 6, p. 579-585.

DURAND DELGA (M.), 1961, *a*: "Le sillon des flyschs du Crétacé supérieur en Méditerranée occidentale".—*Rend. Acc. Lincei*, ser. VIII, XXX, fasc. 1, p. 62-66.

DURAND DELGA (M.), 1961 *b*: "Le sillon du Flysch éocène en Méditerranée occidentale".—*C. R. Ac. Sc.*, t. 252, p. 296-298.

DURAND DELGA (M.), 1961, *c*: "Le sillon du Flysch oligocène en Méditerranée occidentale".—*C. R. Ac. Sc.*, t. 242, p. 431-433.

DURAND DELGA (M.), 1961, *d*: "Au sujet du sillon méso-méditerranéen du Flysch au Crétacé et au Nummulitique".—*C. R. somm.* S. G. F., p. 45-47.

DURAND DELGA (M.), 1964: "Essai sur la structure des domaines émergés autour de la Méditerranée occidentale".—*Geol. Rundsch.*, LIII, p. 534-535.

DURAND DELGA (M.), 1966: "Titres et travaux scientifiques".—Paris, Imp. Priester, 43 p., 6 fig.

DURAND DELGA (M.) et FONTBOTÉ (J. M.), 1960: " "Le problème de l'âge des nappes alpujarrides d'Andalousie".—*Rev. Géogr. phys Géol. dyn.* (2), III, p. 181-187.

DURAND DELGA (M.), MAGNE (J.) et PEYRE (Y.), 1959: "Découverte du Crétacé moyen dans le Bétique de Malaga et le Pénibétique d'Antequera (Andalousie)".—*C. R. Ac. Sc.*, t. 249, p. 2.796-2.798.

DÜRR (S.), HOEPPENER (R.), HOPPE (P.) et KOCKEL (F.), 1960-1962: "Géologie des montagnes entre le Río Guadalhorce et le Campo de Gibraltar (Espagne méridionale)". — *Livr. Mém. Paul Fallot*, Mém. hors-série S. G. F., I, p. 209-227.

DÜRR (S.), HOEPPENER (R.), HOPPE (P.) et KOCKEL (F.): 1961: "Die Geologie der Berge zwischen dem Guadalhorce und dem Campo de Gibraltar (Südspanien)".—*Geol. Rundsch.*, LI, p. 239-249.

EGELER (C. G.) et DE BOOY (T.), 1962: "Signification tectonique de la présence d'éléments du Bétique de Málaga dans le Sud-Est des Cordillères bétiques. Avec quelques remarques sur les rapports entre Bétique de Malaga et Subbétique".—*Livr. Mém. Paul Fallot*, Mém. hors-série S. G. F., I, p. 155-162.

FALLOT (P.), 1927: "Sur la géologie de la région d'Antequera (Andalousie)". — *C. R. Ac. Sc.*, t. 185, p. 1.499-1.501.

FALLOT (P.), 1928: "Au sujet des mémoires de M. Blumenthal sur l'Andalousie."—*C. R. somm. S. G. F.*, p. 157-159.

FALLOT (P.), 1930-1934: "Essais sur la répartition des terrains secondaires et tertiaires dans le domaine des Alpides espagnoles".—*Géol. Méd. Occ.*, IV, 2e part., n.° 1: Introduction, p. 1-8, 1 fig., 1 pl.; I: Le Trias, p. 9-28, 1 dépl.; II: Le Lias, p. 29-64, 2 fig., 2 pl.; III: Le Dogger, p. 65-72; IV: Le Jurassique supérieur, p. 73-118, 12 fig. 3 dépl.

FALLOT (P.), 1932: "Essai de définition des traits permanents de la paléogéographie secondaire dans la Méditerranée occidentale".—*B. S. G. F.* (5), II, p. 533-552.

FALLOT (P.), 1943: "El sistema cretácico en las Cordilleras béticas". — *Mém. Inst. "Lucas Mallada"*, C. S. I. C., 110 p.

FALLOT (P.), 1944: "Observations sur la tectonique de la zone subbétique dans la province de Murcie".—*B. S. G. F.* (5), XIV, p. 11-28.

FALLOT (P.), 1945: "Le problème de Gibraltar".— *C. R. Ac. Sc.*, t. 220, p. 563-565.

FALLOT (P.), 1945: "Estudios geologicos en la zona subbética entre Alicante y el Río Guadiana Menor".—*Mem. Inst. "Lucas Mallada"*, C. S. I. C., 719 p.

FALLOT (P.), 1948: "Les Cordillères bétiques".—*Est. geol.*, IV, p. 83-172.

FALLOT (P.), 1959: "La géologie profonde du Bassin du Pô et le mystère de celui du Guadalquivir".—*Est. geol.*, XV, p. 155-162.

FERNEX (F.), 1964: "Essai de corrélations des unités bétiques sur la transversale de Lorca-Aguilas".—*Geol. Mijn.*, 43, p. 326-330.

FERNEX (F.), 1965: "A propos de l'âge de mise en place des nappes bétiques (Espagne méridionale)".—*C. R. Ac. Sc.*, t. 260, p. 933-936.

FONTBOTÉ (J. M.), QUINTERO (I.), 1960: "Lavas almohadilladas (pillow-lavas) en los afloramientos volcánicos de la transversal Iznalloz-Jaén (Cordillera subbética)".—*Not. Com. Inst. Geol. y Min. España*, n.° 60, p. 85-90, 2 phot.

FOUCAULT (A.), 1960: "Découverte d'une nouvelle unité tectonique sous le massif subbétique de la Sierra Sagra (Andalousie)".—*C. R. Ac. Sc.*, t. 250, p. 2.038-2.040.

FOUCAULT (A.), 1964, *a*: "Sur le phénomène dit d'ablation basale dans la zone subbétique (Espagne méridionale)".—*C. R. Ac. Sc.*, t. 258, p. 2.621-2.624.

FOUCAULT (A.), 1964, *b*: "Sur les rapports entre les zones prébétiques et subbétiques entre Cazorla (prov. de Jaen) et Huescar (prov. de Grenade, Espagne)".—*Geol. Mijn.*, 43, p. 268-272.

FOUCAULT (A.), 1965: "Les rapports entre le Subbétique et le Prébétique dans la partie centrale de la province de Jaen (Espagne méridionale)".—*C. R. Ac. Sc.*, t. 260, p. 4.354-4.357.

GARCÍA SIÑERIZ (J.), 1912: "La investigación gravimétrica en el Estrecho de Gibraltar".—*Mem. Inst. Geol. y Min. de España*, II, p. 291-341.

GARCÍA SINÉRIZ (J.), 1929: "Estudio geofísico de la falla del Guadalquivir".—*Bol. Inst. Geol. y Min. de España*, LI, p. 367-399, 6 fig.

GAVALA Y LABORDE (J.), 1916: "Regiones petrolíferas de Andalucía".—*Bol. Inst. Geol y Min. España,* XXXVII, p. 27-211, 7 pl., 1 carte.

GAVALA Y LABORDE (J.), 1918: "Descripción geográfica y geológica de la Serranía de Grazalema, en la provincia de Cádiz".—*Bol. Inst. Geol. y Min. España,* XXXIX, p. 1-143.

GAVALA Y LABORDE (J.), 1924: Mapa geológico de la provincia de Cádiz. — *Inst. Geol. y Min.* Madrid.

GAVALA Y LABORDE (J.), 1927: "Cádiz y su bahía en el transcurso de los tiempos geológicos".—*Bol. Inst. Geol. y Min. España,* XLIX, p. 217-245.

GAVALA Y LABORDE (J.), 1929: "La geología del Estrecho de Gibraltar".—*Bol. Inst. Geol. y Min. España,* LI, p. 3-35.

GAVALA Y LABORDE (J.), 1959: "Explicación de la hoja n.° 1.061, Cádiz".—*Inst. Geol. y Min. España.* Madrid.

GENTIL (L.), 1909: "Contribution à l'étude de la formation du Détroit de Gibraltar". *B. S. G. F.,* (4), IX, p. 220-222.

GENTIL (L.), 1918 *a*: "Sur l'existence de grandes nappes de recouvrement dans la province de Cadix".—*C. R. Ac. Sc.,* t. 166, p. 1003.

GENTIL (L.), 1918 *b*: "Sur l'extension en Andalousie des nappes de recouvrement de la province de Cadix (Espagne méridionale".—*C. R. Ac. Sc.,* t. 167, p. 83.

GENTIL (L.), 1918 *c*: "Sur l'origine des nappes de recouvrement de l'Andalousie".—*C. R. Ac. Sc.,* t. 167, p. 238.

GENTIL (L.), 1918, *d*: "Sur les dépôts néogènes de détroit Nord-Bétique (Espagne méridionale)."—*C. R. Ac. Sc.,* t. 167, p. 239.

GENTIL (L.), 1918, *e*: "Sur l'âge des nappes de recouvrement de l'Andalousie et sur leur raccordement avec les nappes prérifaines (Maroc septentrional)".—*C. R. Ac. Sc.,* t. 167, p. 373-375.

GENTIL (L.), 1918, *f*: "Sur le synchronisme des détroits nord-bétique et sud-rifain (Espagne méridionale et Maroc)".—*C. R. Ac. Sc.,* t. 167, p. 727.

GLANGEAUD (L.), 1951: "Interprétation tectonophysique des caractères structuraux et paléogéographiques de la Méditerranée occidentale".—*B. S. G. F.,* (6), I, p. 735-762, 3 fig.

GLANGEAUD (L.), 1956: "Corrélation chronologique des phénomènes géodynamiques dans les Alpes, l'Apennin et l'Atlas nord-africain".—*B. S. G. F.,* (6), VI, p. 867-891.

GLANGEAUD (L.), 1961: "Paléogéographie dynamique de la Méditerranée et ses bordures. Le rôle des phases ponto-plio-quaternaires".—*Coll. Nat. C. N. R. S.*: Océanographie géologique et géophysique de la Méditerranée occidentale, p. 125-165.

GLANGEAUD (L.), 1966: "Les grands ensembles structuraux de la méditerranée occidentale d'après les données de Géomède I".—*C. R. Ac. Sc.,* t. 262, p. 2405-2408.

HEREZA Y ORTUÑO (J.), 1921 : "Petróleos en la región andaluza".—*Rev. Min. y Met.*, XXXIX, série C, p. 471.

HERNÁNDEZ-PACHECO (E.), 1940 : "Estudio fisiográfico y geológico de la campiña de Trebujena y de la Sierra de Gibalbín (Cádiz)".—*Cons. Sup. Inv. Cienc.* Instituto José de Acosta, 23 p.

HOEPPENER (R.), HOPPE (P.), MOLLAT, (H.) MUCHOW (S.), DÜRR (St.), KOCKEL (F.), 1964, *a* : "Uber den westlichen Abschnitt der Betischen Kordilleren und seine Beziehungen zum Gesamtorogen".—*Geol. Rundsch.*, LIII, p. 269-296.

HOEPPENER (R.), HOPPE (P.), DÜRR (St.) et MOLLAT (H.), 1964, *b* : "Ein Querschnitt durch die Betischen Kordilleren bei Ronda (SW. Spanien)",—*Geol. Mijn.*, 43, p. 282-298.

HOEPPENER (R.) et KOCKEL (F.), 1959 : "Lias vor und in den Rondaïden (Südspanien)".—*N. Jb. Geol. Pal. Mh.*, p. 417-424.

KOCKEL (F.), 1960 : "Die Geologie des Gebietes zwischen dem Río Guadalhorce und dem Plateau von Ronda (Sündspanien)".—*Geol. Ib.*, 81, p. 413-480, 3 pl., 17 fig.

KOVENKO (V.), TERMIER (H. et G.), 1954 : Sur quelques roches ophitiques de l'Algérie septentrionale".—*Bull. Serv. Carte géol. Algérie*, n.° 5, p. 157-212.

KUMMEL (B.), 1953 : "American nautiloïds triasics".—*U. S. Geol. Survey*, Sp. paper n.° 250.

MABESOONE (J. A.), 1963, *a* : "Coastal sediments and coastal development near Cádiz (Spain)".—*Geol. Mijn.*, 42, p. 29-43, 11 fig.

MABESOONE (J. A.), 1963, *b* : "Les sédiments pré-quaternaires et villafranchiens du bassin fluvial de la Guadalete (prov. de Cadix)".—*Est. geol.*, XIX, p. 143-159, 9 fig., 8 tabl.

MAC GILLAVRY (H. J.), ROEP (Th. B.), GEEL (T.), SOEDIONO (R.), 1963 : "Further notes on the geology of the Betic of Málaga, the Subbetic and the zone between these two units, in the region of Vélez Rubio (Southern Spain)".—*Geol. Rundsch.*, LIII, p. 233-256.

MAC-PHERSON (J.), 1872 : "Bosquejo geológico de la provincia de Cádiz".—Cadix, 156 p.

MAC-PHERSON (J.), 1876 : "Sobre las rocas eruptivas de la provincia de Cádiz y de su semejanza con las ofitas del Pirineo". — *An. R. Soc. Esp. Hist. Nat.*, V, p. 5-26.

MALLADA (L.), 1895-1911 : "Explicación del Mapa geológico de España". T. I : Rocas hipogénicas y sistema estrato-cristalino, 1896. T. II : Sistemas cambriano y siluriano, 1898. T. III : Sistemas devoniano y carbonífero, 1902. T. IV : sistemas permiano, triásico y jurásico, 1904. T. V : Sistemas infracretáceo y cretáceo, 1907. T. VI : Sistemas eoceno, oligoceno y mioceno, 1911. T. VII : Sistemas plioceno, diluvial y aluvial.—*Mem. Com. Mapa Geol. España*, 6 vol.

MARCAIS (J.), 1935: "A propos d'un gisement de Trias fossilifère dans le Rif oriental".—*C. R. Ac. Sc.*, t. 200, p. 687.

MATTAUER (M.), 1958: "Etude géologique de l'Ouarsenis oriental (Algérie)".—*Bull. Serv. Carte géol. Algérie*, n.° 17.

MATTAUER (M.), 1964: "Le style tectonique des chaînes telliennes et rifaines".—*Geol. Rundsch.*, LIII, p. 296-313.

MARÍN (A.), BLUMENTHAL (M.) et FALLOT (P.), 1930: "Comparaison stratigraphique entre l'extrémité occidentale des zones bétique et pénibétique d'Andalousie et le Nord de l'arc rifain".—*C. R. Ac. Sc.*, t. 191, p. 144-146.

MICHEL-LEVY (A.) et BERGERON (J.), 1890: "Estudio geológico de la Serranía de Ronda".—*Bol. Inst. Geol. y Min. de España*, XVII, p. 325.

MILLER (A. K.) et YOUNGQUIST (W.), 1949: "American Permian Nautiloïds".—*Mem. Geol. Soc. Amer.*, n.° 41.

MILLOT (G.), 1964: "Géologie des argiles".—Paris, Masson.

MOISISOVICS (E. VON), 1882: "Die Cephalopoden der mediterranen Triasprovinz".—*Abh. Geol. Reichanst.* Wien, X, p. 1-132.

ORUETA (D. DE), 1917: "Estudio geológico y petrográfico de la Serranía de Ronda". *Mem. Inst. Geol. y Min. de España*, 577 p., 10 fig., 19 pl., 1 carte.

PAQUET (J.), 1966: "Age auversien de la phase tectonique majeure dans le Bétique de Malaga et le Subbétique de la province de Murcie (Sierras de Espuña et de Ponce)".—*C. R. Ac. Sc.*, t. 263, p. 1681-1684, 2 fig.

PERCONIG (E.), 1960-1962: "Sur la constitution géologique de l'Andalousie occidentale, en particulier du bassin du Guadalquivir (Espagne méridionale)".—*Livr. Mém. Paul Fallot*, Mém. hors-série S. G. F., I, p. 231-256.

PERCONIG (E.), 1966: "Sull'esistenza del Miocene superiore in facies marina nella Spagna meridionale".—*Comitee on Mediterranean Neogene stratigraphy*. Leyden, p. 288-302.

PEYRE (Y.), 1960: "La "série du Pedroso", série type d'une zone paléogéographique nouvelle dans le Jurassique des Cordillères bétiques".—*C. R. Ac. Sc.*, t. 251, p. 1883-1885.

PEYRE (Y.), 1960-1962: "Etat actuel de nos connaissances sur la structure des Cordillères bétiques sur la transversale de Málaga (faits nouveaux et hypothèses)".—*Livr. Mém. Paul Fallot*, Mém. hors-série, S. G. F., I, p. 199-208.

REMANE (J.), 1964): "Révision paléontologique de *Tintinnopsella oblonga* (Cad.) et des espèces avoisinantes".—*Rev. Micropal.*, VII, p. 43-46.

REY PASTOR (A.), 1936: "Sismicidad de las regiones litorales españolas del Mediterráneo. II: Región bética y subbética".—*Geol. Méd. Occident.*, IV, n.° 1, part. III, p. 2-46, 22 fig., 3 dépl., 1 tabl.

REY PASTOR (A.), 1954: "Estudio morfotectónico de la falla del Guadalquivir".—*Inst. Geogr. y Catastr.*, 48 p.

ROBAUX (A.), 1935, *a*: "Extension des formations du Crétacé supérieur, de l'Eocène

et de l'Oligocène dans la série du flysch du Sud de la province de Cadix".—*C. R. Ac. Sc.*, t. 200, p. 955-957.

ROBAUX (A.), 1935, *b*: "Sur la présence du Crétacé supérieur à la base de la série du flysch du Sud de la province de Cadix".—*C. R. Ac. Sc.*, t. 200, p. 478-480.

ROBAUX (A.), 1935, *c*: "Sur l'existence de l'Eocène supérieur et de l'Oligocène dans la série du flysch du Sud de la province de Cadix".—*C. R. Ac. Sc.*, t. 200, p. 685-687.

ROBAUX (A.), 1938: "Les marnes blanches aquitaniennes de Sanlúcar de Barrameda (prov. de Cadix)".—*B. S. G. F.* (5), VIII, p. 697-718.

ROUBAULT (M.), 1933: "Etude des roches éruptives accompagnant le Trias aux environs de Souk et Tenine (Kabylie des Babors) et d'Aumale".—*Bull. Serv. Carte géol. Algérie*, Trav. Coll., fasc. 2, p. 19-24, pl. II-III.

SAAVEDRA (J. L.), 1961: "Los foraminíferos del Terciario superior y Cuaternario del Valle del Guadalquivir". — *Bol. Inst. Geol. y Min. de España*, LXXII, p. 349-468.

SAAVEDRA (J. L.), 1964: "Datos para la interpretación de la estratigrafía del Terciario y Secundario de Andalucía".—*Not. y Com. Inst. Geol. y Min. de España*, n.° 73, p. 5-50.

SADRAN (G.), 1592: "Essai de synthèse en relation avec des roches volcaniques d'Algérie".—*C. R. Ac. Sc.*, t. 235, p. 512.

SAN MIGUEL DE LA CÁMARA (M.), 1935: "Las ofitas: su naturaleza, origen y edad geológica".—*Butll. Inst. Cat. Hist. Nat.*, XXXV, 4 p., 3 pl.

SCHMIDT (M.), 1928: "Die Lebenwelt unserer Trias".—*Hohenlohe'sche Buchhandlung*. Ohringen.

SCHMIDT (M.), 1936: "Fossilien der spanischen Trias".—*Abhand. Heidelberg. Akad. Wiss.*, XXII, 140 p., 6 pl.

SMITH (J.), 1845-1846: "On the geology of Gibraltar". —*Quart. Journ.*, I, p. 298; II, p. 42.

SOLÉ SABARÍS (L.), 1945: "Geografía de España y Portugal". Tomo II: España. Geografía física: el clima, las aguas, la vegetación. — Barcelona, Montaner y Simón, 316 p.

TERMIER (H. et G.), 1952: "La Biosphère".—Paris, Masson.

TERMIER (H. et G.), 1956: "L'évolution de la Lithosphère". I: Pétrogénèse. II: Orogénèse. III: Glyptogénèse.—Paris, Masson.

VERNEUIL (E. DE) et COLLOMB (P.), 1856: "Itinéraire géognostique dans le Sud-Est de l'Espagne".—*B. S. G. F.* (2), XIII, p. 674-729, 5 fig.

VILANOVA (J.), 1874: "Juicio crítico del «Bosquejo geológico de la provincia de Cádiz», por el Sr. Mac-Pherson".—*Act. R. Soc. Esp. Hist. Nat.*, III, p. 4-15.

INDEX GEOGRAPHIQUE

Cet index a pour but de faciliter le repérage des noms de lieu sur la carte du Nord de la province de Cadix.

Chaque indication (ferme, sommet, lieu-dit...) est suivi du nom de la carte au 1 : 50.000 sur laquelle il se trouve et de ses points de coordonnées.

Ahmed (Peña del), ALGAR, x = 423,7 ; y = 213,6.
Algarrobo (Puerto del), ALGAR, x = 424,5 ; y = 219,5.
Almazán (Cerro), Medina, x = 394,4 ; y = 204,7.
Aljibe (Sierra del), ALCALA, x = 427,9 ; y = 214,7.
Alta (Sierra), ALGAR, x = 407 ; y = 218.
Amarguillo (Arroyo), PATERNA, x = 403 ; y = 219,2.
Angostura (La), ALGAR, x = 412 ; y = 232,5.
Arpada (Peña), ALGAR, x = 411 ; y = 214,7.
Baños de Gigonza, ALGAR, x = 407,3 ; y = 219,8.
Benalup de Sidonia, ALCALA, x = 409,3 ; y = 196,5.
Berroquejo (Cortijo), PATERNA, x = 394,8 y = 219,4.
Berroquejo (Castillo), PATERNA, x = 394 ; y = 218,3.
Berrueco (Cadix), MEDINA, x = 389 ; y = 209 (1).
Boca de la Foz, ALGAR, x = 420,3 ; y = 226,7.
Buho (Cerro), ALGAR, x = 417,8 ; y = 218.
Cabeza Redonda, ALGAR, x = 413,7 ; y = 218,8.
Cabeza de Santa María, PATERNA, x = 399,7 ; y = 222,8.
Calasana (Molino), ALGAR, x = 417 ; y = 213,9.
Canasta (Molino), ALGAR, x = 435,3 ; y = 216,5.
Carriles (Loma de), ALGAR, x = 420,4 ; y = 217,5.
Casas Viejas = Benalup de Sidonia, ALCALA.

(1) A ne pas confondre avec le Berrueco de la feuille de Cortes de la Frontera (province de Malaga).

Castilleja (Cerro), ALGAR, x = 425; y = 224,5.
Castillejos (Cerro de los), ALGAR, x = 425,8; y = 222.
Cielo Alto (Ermita), PATERNA, x = 392; y = 231,3.
Dos Hermanas (Sierra de), ALGAR, x = 416,5; y = 229.
Esparragal, ALGAR, x = 411,5; y = 217,4.
Espertales (Cerro), ALCALA, x = 418,3; y = 213,5.
Espertosa (Loma de), ALGAR, x = 413,3 y = 226.
Galiz (Puerto de), ALGAR, x = 428,5 y = 220,2.
Gallardo (Cortijo), PATERNA, x = 392; y = 220,7.
Gloria (Cerro de la), ALGAR, x = 418,8; y = 215,1.
Graja (Cerrillo de la), ALCALA, x = 407,5; y = 207,5.
Granujales (Cortijo), MEDINA, x = 397,5; y = 207.
Guadalcacín (Embalse), ALGAR, x = 414; y = 232.
Herrerías (Las), PATERNA, x = 392; y = 218.
Hurones (Pantano de los), ALGAR, x = 432,1; y = 231,1.
Isletes (Loma de), PATERNA, x = 404; y = 221,5.
Isletes Altos (Cortijo), PATERNA, x = 402,7 y = 221,7.
Isletes Bajos (Cortijo), PATERNA, x = 404,7 y = 223,7.
Listón (Loma), ALGAR, x = 416,5; y = 220.
Medina (Laguna de), PATERNA, x = 414; y = 210,5.
Mesa Baja, ALCALA, x = 408,5; y = 198,2.
Mesa de Algar, MEDINA, x = 400; y = 198,3.
Momia (Sierra de la), ALCALA, x = 418,2; y = 197,5.
Moro (Cerro del), ALGAR, x = 417,9 y = 216,8.
Naveros (Los), MEDINA, x = 394,4; y = 198,7.
Naveta (Cerro), ALCALA, x = 409,5; y = 207,9.
Pájaros (Cerro), ALCALA, x = 414,9; y = 213,2.
Palomas (Puerto de las), ALGAR, x = 423,3; y = 219,7.
Paralejo (Fuente de), ALGAR, x = 421,8; y = 216,5.
Picacho (Cerro), ALGAR, x = 425,5; y = 216,5.
Picado Alto (Cortijo), ALGAR, x = 424,3; y = 226,4.
Pilar de la Cuna, ALGAR, x = 420,3; y = 220,9.
Piojo (Cerro del), ALGAR, x = 422,8; y = 214,3.
Poyales (Loma de), ALGAR, x = 418; y = 223,5.
Prado Alto (Loma de), ALCALA, x = 418,5; y = 211,5.
Rancho Viejo (Cortijo), MEDINA, x = 402,8; y = 210,7.
Regajales (Cerro), ALCALA, x = 421,5; y = 212,5.
Respeta (Fuente), ALCALA, x = 413,2; y = 209,5.
Sal (Sierra de la), ALGAR, x = 419; y = 227.
Salado de Paterna (Arroyo), PATERNA, x = 400; y = 221,7.
Saltillo (Cortijo de), ALCALA, x = 410,7; y = 211.
San Cristóbal (Cerro), PATERNA, x = 379,4; y = 229,8.

San José del Valle, ALGAR, x = 410,9 ; y = 225,8.
Sauceda (La), ALGAR, x = 430 ; y = 216,8.
Sierrezuela (Cerro de), PATERNA, x = 393 ; y = 221,5.
Tablada (Ventorrillo), ALCALA, x = 412,5 ; y = 209,8.
Tajo (Cerro), PATERNA, x = 403,4 ; y = 216.
Tempul (Fuente), ALGAR, x = 422 ; y = 229.
Torrecera, PATERNA, x = 397,3 y = 224,7.
Torre Estrella, ALCALA, x = 406 ; y = 207,7.
Valle (Sierra del), ALGAR, x = 411 ; y = 224.
Viento (Cerro del), ALGAR, x = 414 ; y = 232.

PLANCHES PHOTOGRAPHIQUES

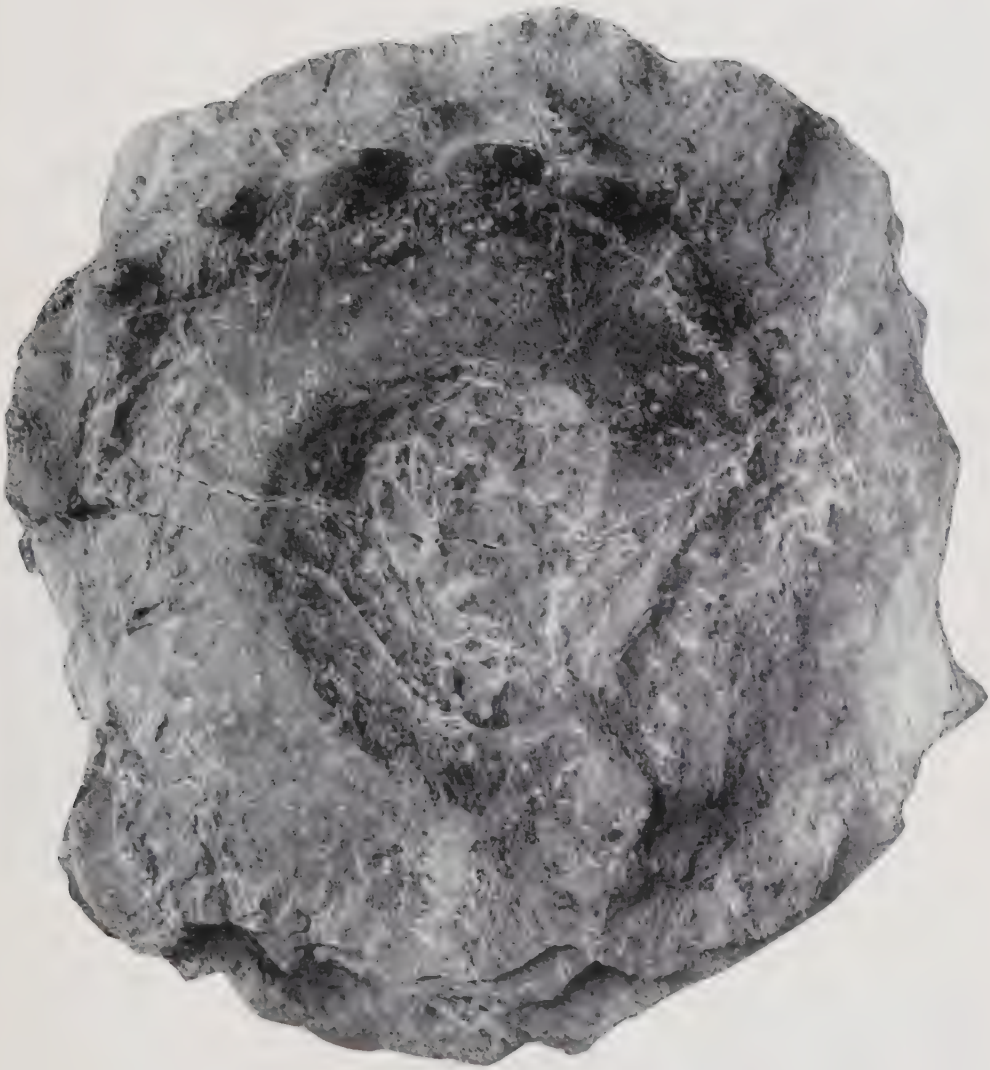
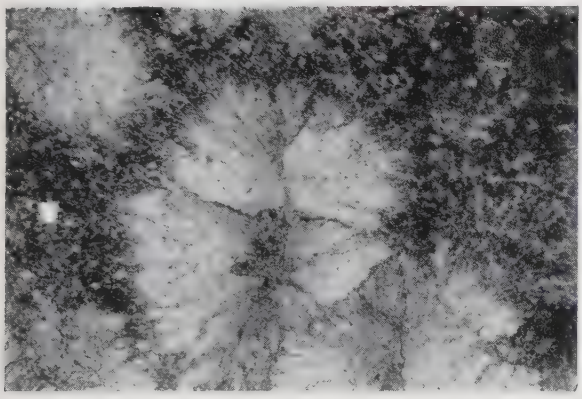


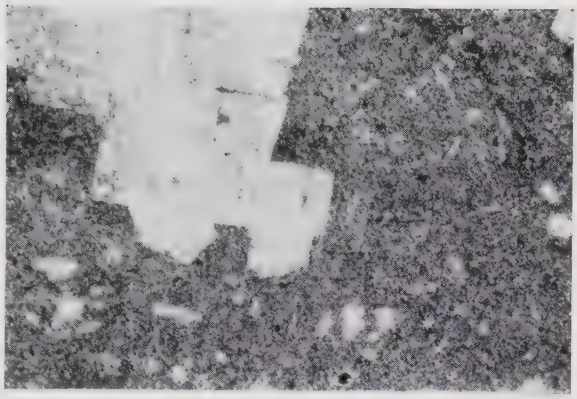
PLANCHE I.—*Tainoceras* sp., Nautile orné du Muschelkalk du Puerto de Boyar (feuille d'Ubrique)

1. Granodiorite à biotite avec nid mylonitique ; éch. 2201, p. 70 (× 20).

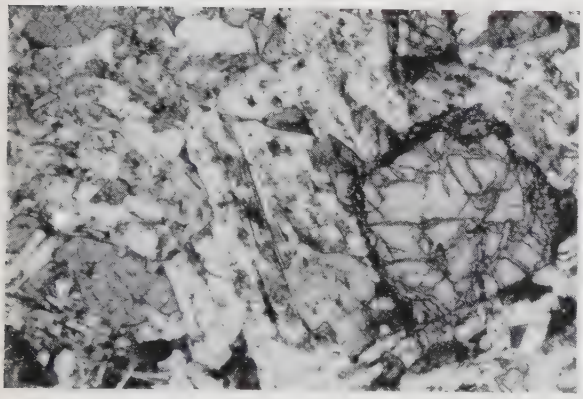


2. "Ophicalcite". Sphérolites de calcite dans une pâte chloriteuse aphanitique ; éch. 2876, p. 68 (× 20).

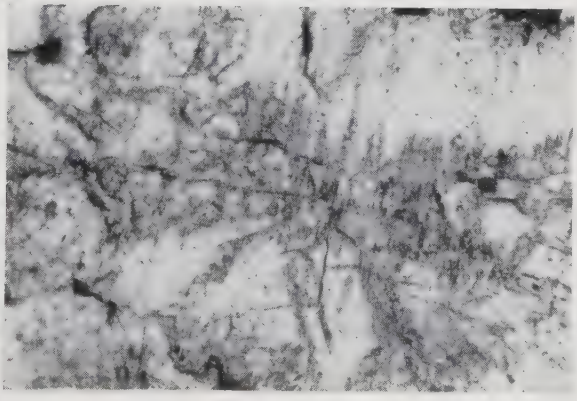
3. Dolérite. Lattes de plagioclases, pyroxènes poecilitiques ou interstitiels ; éch. 2630, p. 66 (× 50).



4. "Microdolérite porphyrique". Phénocristal de plagioclase saussuritisé dans une pâte microlitique aphanitique; éch. 2932, p. 68 (× 20).



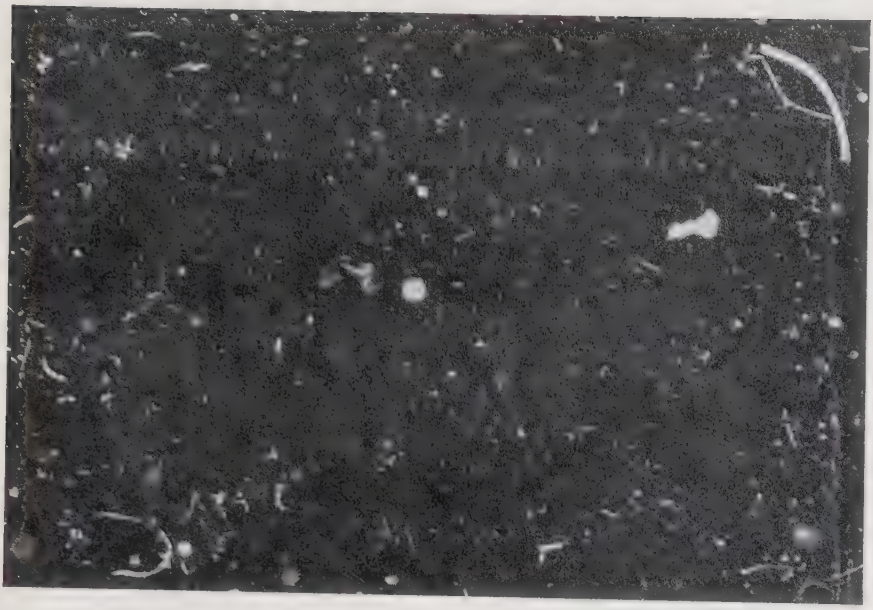
5. Fibres d'ouralite sur une plage de pyroxène; éch. 2630, p. 66 (× 120).



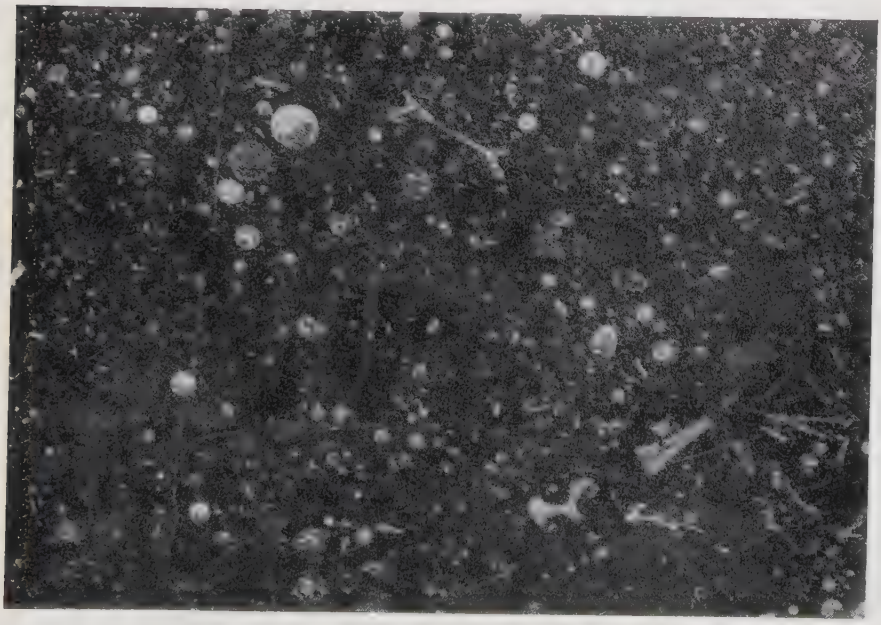
6. Dolérite à Olivine. Olivine, Pyroxènes et Plagioclases; éch. 180, p. 65 (× 20).

Calcaire argileux à "filaments" du Jurassique supérieur subbétique. Coupe de Las Cabras; éch. 2554 (×30)

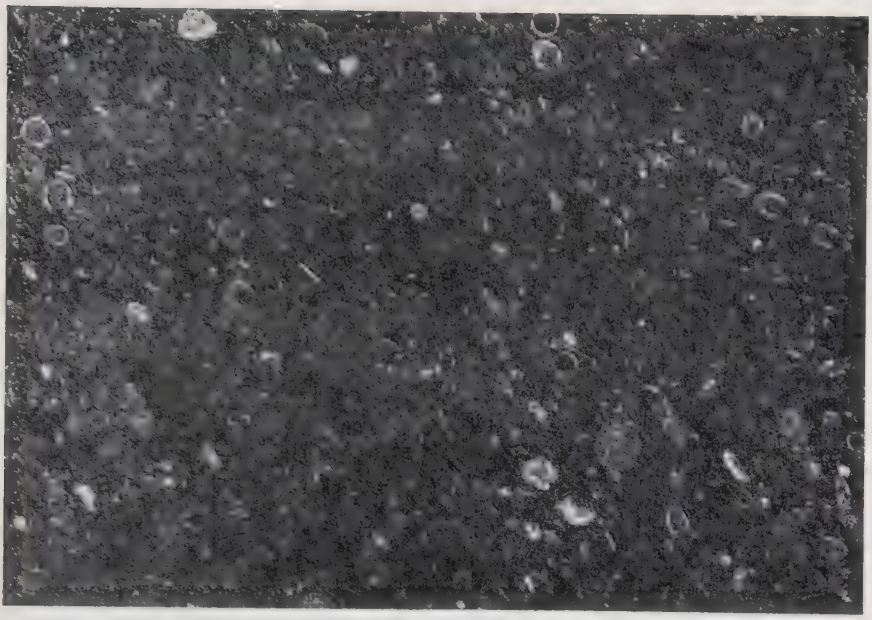
Calcaire argileux à Protoglobigérines et petits débris. Coupe de Las Cabras: éch. 267 (×15)



Calcaire argileux à *Saccocomidae* et Radiolaires du Kimmeridgien subbétique. Coupe de Las Cabras; éch. 267 (×15)

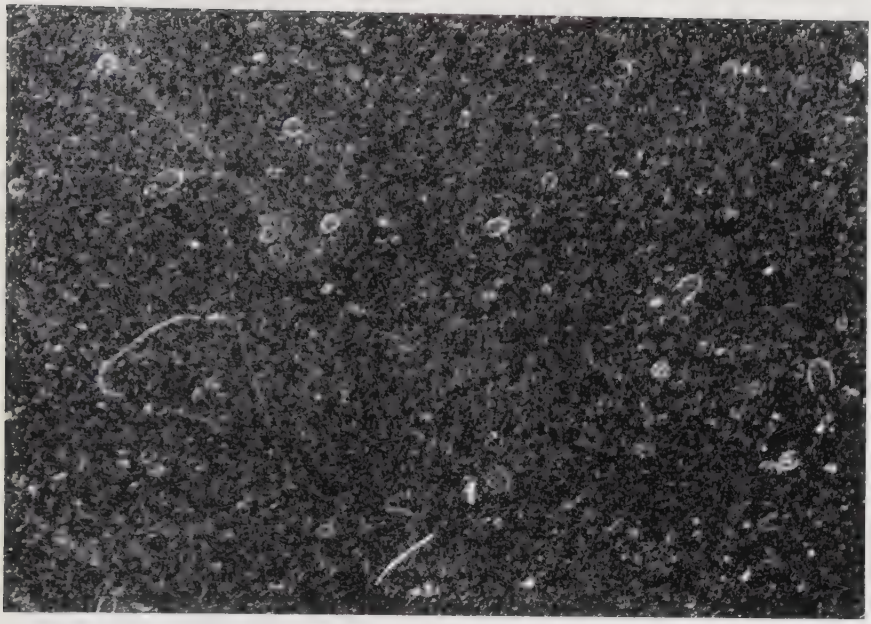


Calcaire argileux à *Saccocomidae* et Radiolaires du Kimmeridgien subbétique. Coupe de Las Cabras; éch. 271 (×27)

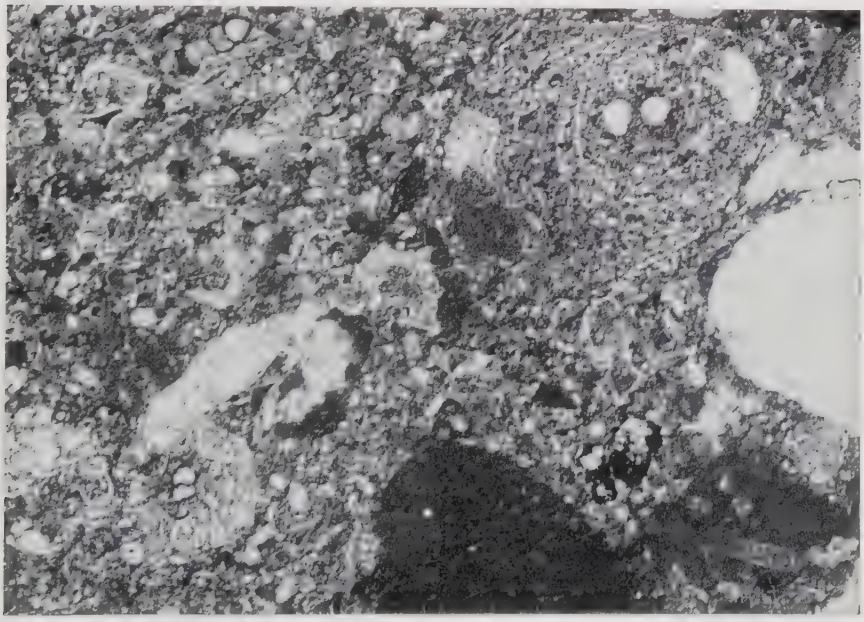


Calcaire argileux du Tithonique supérieur. Coupe de Las Cabras ; éch. 275 (×100) à : *Calpionella alpina, Crassicollaria parvula, Tintinnopsella* gr. *carpathica* et *Globochaete alpina.*

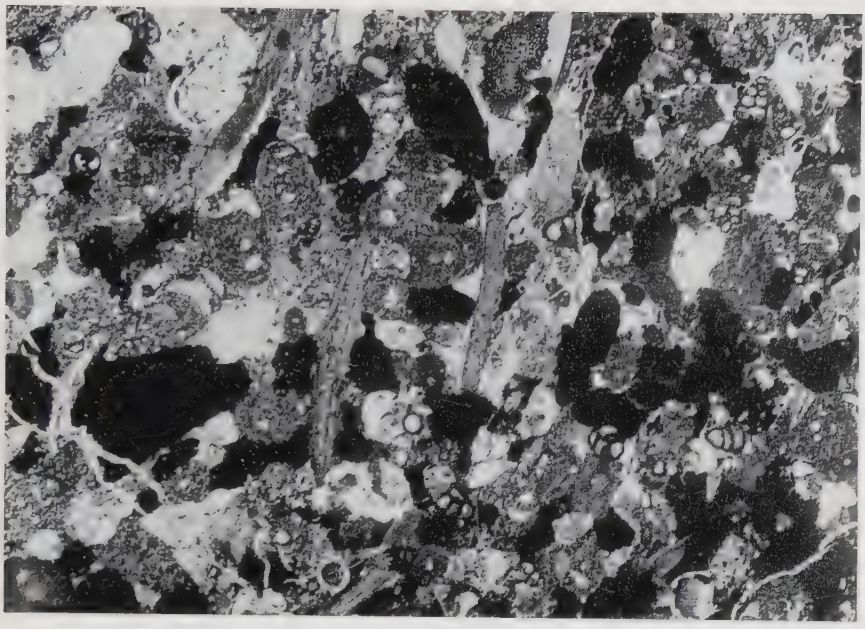
Calcaire argileux du Tithonique supérieur. Coupe de Las Cabras ; éch. 2573 (×65) à : *Calpionella alpina, Crassicollaria parvula, Globochaete alpina* et Radiolaires



Calcaire argileux du Berriasien. Coupe de Las Cabras ; éch. 2580 (×45) à : *Remaniella cadischiana, Tintinnopsella* gr. *carpathica* et *Calpionella* sp.



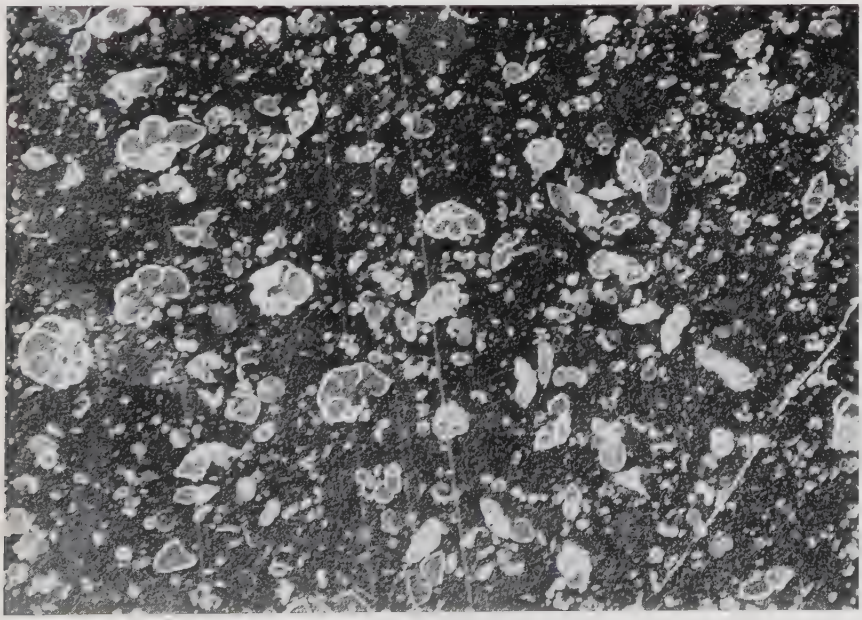
Passage des faciès calcaro - marneux aux faciès calcaro - gréseux et conglomérats du Maestrichtien élevé subbétique. Loma de Poyales ; éch. 1164 (×20 à : *Navarella joaquini, Globotruncana contusa* et petits Foraminifères.



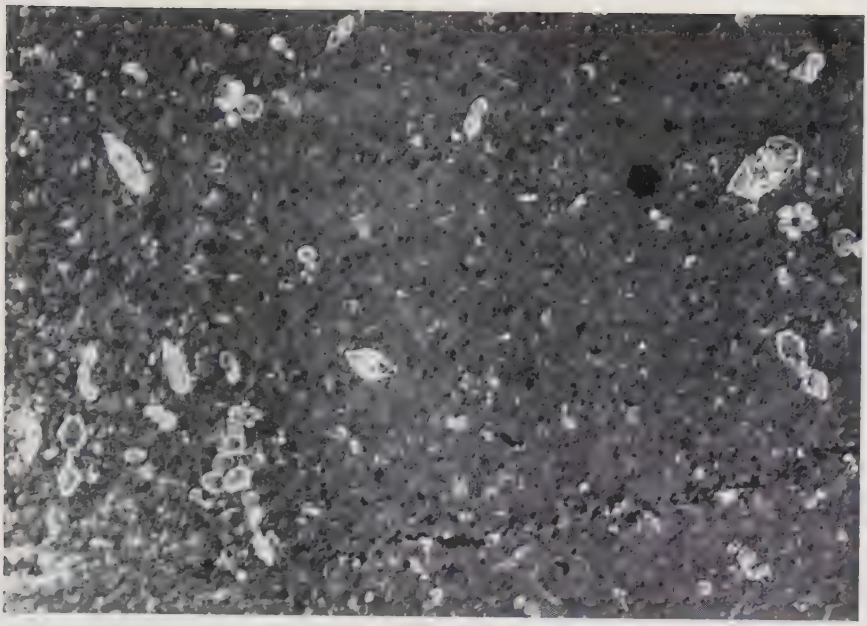
Calcaire microconglomératique du Maestrichtien supérieur subbétique. Loma de Poyales; éch. 1167 (×7) à : *Navarella joaquini, Lepidorbitoides* en association avec *Siderolites calcitrapoides, Clypeorbis mamillata...*

Calcaire détritique organogène de l'Eocène inférieur subbétique. Loma de Poyales; éch. 1168 (×6) à : Nummulites, Operculines et Discocyclines

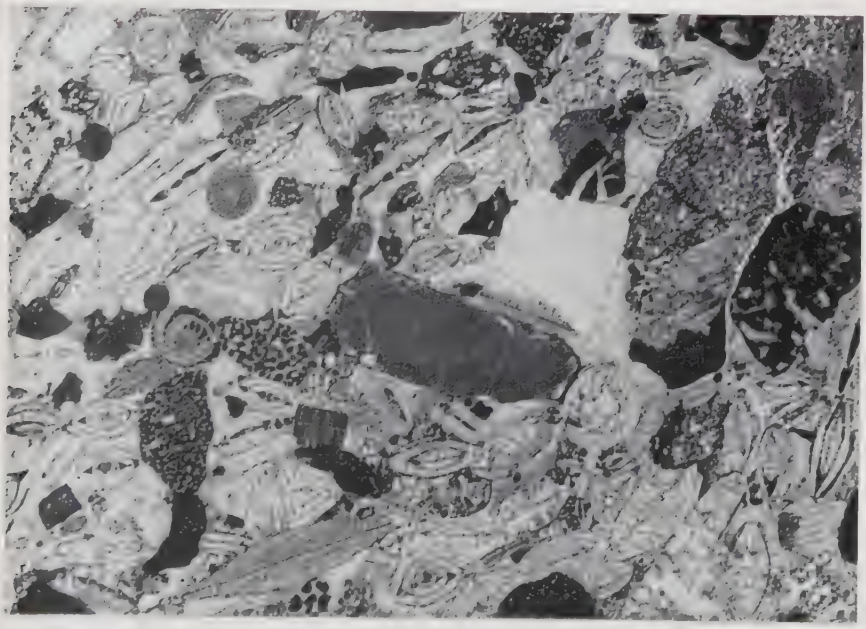
Calcaire détritique organogène à Nummulites, Operculines à débris de Discocyclines, *Asterodiscus*... Yprésien de la Loma de Poyales; éch. 1173 (×15)



Calcaire argileux du Cénomanien pénibétique à Globotruncanidés, *Planomalina buxtorfi*, Lagenidés...; éch. 869 (×20)

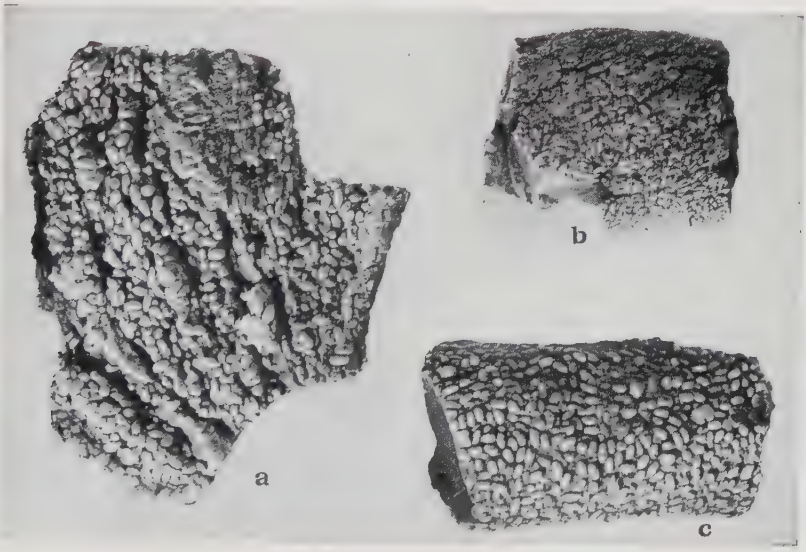


Calcaire argileux du Cénomanien pénibétique à *Rotalipora appenninica, Globotruncana stephani* et petits Foraminifères ; éch. 571 (×20)



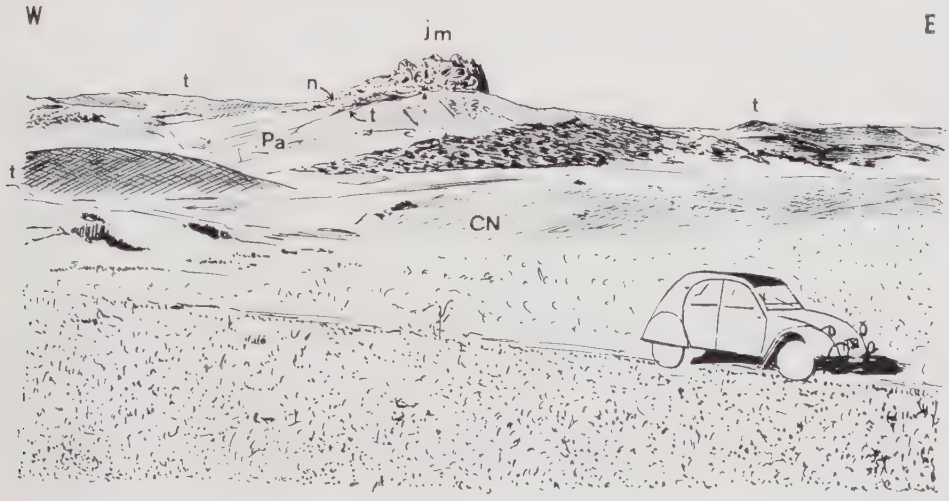
Calcaire détritique organogène du Lutétien supérieur de l'unité de Paterna, à Nummulites, grosses Assilines, Discocyclines... Fenêtre de la Tablada près du Río A'amo, feuille d'Alcalá ; éch. 1901 (×5).

Moronites de Jerez de la Frontera montrant une structure varvée (alternance de lits sombres finement détritiques et de lits clairs marneux riches en Diatomées) (× 1)



"*Tubotomaculum*" (× 1) : *a*) En plaque unité de Paterna près du Ventorrillo de la Tablada ; *b*) Cylindrique (série de base de la nappe de l'Aljibe à l'Est d'Alcalá de los Gazules). *c*) Cylindrique (argilites de Jimena de la Frontera, échantillon récolté par J. DIDON).

Cerro Tajo. Fenêtre de Paterna, surmontée par le Trias, et au premier plan la série de base de la nappe de l'Aljibe (voir aussi figs. 66 et 67)
(Les indices sont les mêmes que ceux de la carte géologique : CN, série de base de l'Aljibe ; t, Trias subbétique ; Pa, unité de Paterna)



Peña Arpada. Fenêtre de la Peña Arpada. Klippe de Jurassique et de Crétacé inférieur sur l'unité de Paterna (voir aussi figs. 73 et 74)
(Les indices sont les mêmes que ceux de la carte géologique : CN, série de base de l'Aljibe ; t, Trias subbétique ; jm, Jurassique subbétique ; n, Néocomien subbétique)

Alcalá de los Gazules : Le contact entre la nappe de l'Aljibe et le Trias subbétique, à la sortie orientale d'Alcalá de los Gazules. Vue prise un km. à l'ESE. d'Alcalá (voir aussi fig. 71).

(Les indices sont les mêmes que ceux de la carte géologique : O, grès de l'Aljibe ; CN. série de base de l'Aljibe ; t, Trias)

Torrecera. Le Subbétique (au premier plan) avec sa semelle de Trias marno-gypsifère entourant et recouvrant les moronites. Vue prise du Sud de la Loma (voir aussi figures 87 et 88).

(Les indices sont les mêmes que ceux de la carte géologique)

Panorama d'Alcalá de los Gazu.es. Vue prise vers le Nord, depuis la rue montant à l'église San Jorge. Voir aussi les figs. 71 et 72
(Les indices sont les mêmes que ceux de la carte géologique : a, alluvions ; m, Miocène de Medina-Sidonia, post-orogénique... ; M, Miocène moyen charrié de los Pájaros ;
O, Grès de l'Aljibe ; CN, Série de base ; ce, Crétacé et Eocène subbétique ; j. Jurassique Subbétique ; t, Trias ; Pa, Unité de Paterna)

Panorama du Subbétique et du Pénibétique de part et d'autre du corridor de Boyar. Vue prise à l'Est de Grazalema sur la route de Ronda (voir aussi la fig. 98)

On peut voir la superposition du Subbétique sur l'unité de Paterna et la position des écailles de Majales et du Fresnillo entre le Pénibétique et le Subbétique ainsi que la nappe de l'Aljibe sur le Pénibétique.

(Les indices sont les mêmes que ceux de la carte géologique)

Puerto de Santa Maria

ATLANTIQUE

CADIX

San Fernando

Chiclana

Paterna

Medina

Algar

Alcala

COUPES GÉOLOGIQUES

dans le Nord

de la Province de CADIX

Echelle : 1/200.000e

P. Chauve

LÉGENDE DES COUPES

- Pliocène et Quaternaire
- Miocène supérieur
- Miocène de Pajaros
- Grès de l'Aljibe
- "Série de base" de l'Aljibe
- Crétacé supérieur - Tertiaire subbétique
- Crétacé inférieur subbétique
- Jurassique subbétique
- Trias
- Moronites
- Unité del Algarrobo
- Unité de Paterna

FIGURÉS DE LA CARTE STRUCTURALE

- Post-orogénique
- Nappe de l'Aljibe
- Unité de Paterna
- Subbétique
- Moronites
- Unité del Algarrobo

ERRATA

Page 62, ligne 3 au lieu de son lire sont.
Page 63, ligne 10 au lieu de des couches lire les couches.
Page 105, ligne 13 au lieu de d'Ouest en Est lire d'Est en Ouest.
Page 109, ligne 21 au lieu de *Sublithococeras* lire *Sublithacoceras*.
Page 111, ligne 11 au lieu de *Haramelliceras* lire *Taramelliceras*.
Page 111, ligne 12 au lieu de *Soverbyceras* lire *Sowerbyceras*.
Page 120, ligne 30 au lieu de *kacchensis* lire *kachhensis*.
Page 181, ligne 1 au lieu de *triloculoides* lire *triloculinoides*.
Page 201, ligne 31 au lieu de *Uvigerinia* lire *Uvigerina*.
Page 203, ligne 16 au lieur de lits grossieers es lire lits grossiers et.
Page 229 placer la première ligne après la troisième ligne.
Page 236, ligne 18 au lieu de *Ccrassicolaria* lire *Crassicolaria*.
Page 254, ligne 1 au lieu de *pompiloides* lire *pompilioides*.

Vu et approuvé:

Paris, le 17 mars 1967

Le Doyen de la Faculté des Sciences,

Marc. ZAMANSKY

Vu

et Permis d'imprimer:

Le Recteur de l'Académie
de Paris,
Jean ROCHE